ORSAY
n° d'ordre : 2573

UNIVERSITE DE PARIS-SUD

CENTRE D'ORSAY

THESE

présentée

Pour obtenir

Le grade de DOCTEUR ès sciences physiques

PAR

Monsieur MARTINAND Jean-Louis

Sujet : CONTRIBUTION A LA CARACTÉRISATION DES OBJECTIFS DE L'INITIATION AUX SCIENCES ET TECHNIQUES

soutenue le 16 juin 1982 devant la Commission d'examen

MM. OMNES Président

DELACOTE

FREY

GEMINARD

HULIN

LEGRAND

MERCOUROFF

VIOVY

ORSAY
n° d'ordre : 2573

UNIVERSITE DE PARIS-SUD

CENTRE D'ORSAY

THESE

présentée

Pour obtenir

Le grade de DOCTEUR ès sciences physiques

PAR

Monsieur MARTINAND Jean-Louis

Sujet : CONTRIBUTION A LA CARACTÉRISATION DES OBJECTIFS DE L'INITIATION AUX SCIENCES ET TECHNIQUES

soutenue le 16 juin 1982 devant la Commission d'examen

MM. OMNES Président

DELACOTE

FREY

GEMINARD

HULIN

LEGRAND

MERCOUROFF

VIOVY

UNIV.
LEIDEN
BIB.

KEY WORDS

Science Teaching (Physical Sciences - Technology)
Objectives (Characterization - Evaluation)

SUMMARY

Attempts to renew or introduce students to the sciences and technical studies in primary and middle schools cannot be restricted to writing new syllabi. We have to imagine and construct in detail the content, the methods of teaching, classroom activities, the level of capacity the students must attain.

On the basis of our experience with "activités d'éveil" in sciences, and with student initiation to the physical sciences, our study dealt with three cases of innovation : the introduction to mechanical manufacturing technology (13 - 15 years), the concept of chemical element (12 - 13 years), and the hardness of materials (11 - 12 years).

The aim is to set forth some general proposals to ameliorate the way of characterizing teaching objectives, in order to make them useable by the teachers. These proposals were evaluated within the framework of teaching introductory manufacturing techniques.

La recherche didactique, surtout lorsqu'elle s'enracine directement dans des actions de rénovation, n'est d'abord que la mise en forme personnelle d'innombrables essais et réflexions.

Citer tous les enseignants et les chercheurs avec qui j'ai eu la joie de collaborer, au LIRESPT ou à l'INRP, ou tous les maîtres qui ont contribué à façonner depuis l'école primaire les conceptions exposées ici, ne donnerait qu'un pâle reflet de mes dettes. Certains sont nommés dans le texte, car sans eux, sans leur aide, leur expérience, leurs tentatives, leurs idées, rien n'aurait pu être fait. Mais je désire associer tous les autres aux marques de reconnaissance que je leur adresse.

Parmi eux, MM. Delacôte et Host ont joué un rôle institutionnel et intellectuel décisif : qu'ils trouvent ici le témoignage de ma profonde gratitude. Ce témoignage s'adresse aussi à Mme Tiberghien et MM. Chabal, Chomat et Viovy qui m'ont apporté leur irremplaçable concours.

En l'absence douloureuse du Professeur Lagarrigue, MM. Omnès, Frey, Géminard, Hulin, Legrand, Léon, Mercouroff, ont bien voulu s'intéresser à ce travail particulier : je les prie d'accepter mes remerciements.

Je ne voudrais pas oublier ceux qui ont réalisé le texte, Mmes Barthélemy, Grandjean, Némirouvsky, Perrin, et M. Barat.

Enfin, sans le soutien de Marie-Thé, rien n'aurait été mené à terme. Avec Hélène et Denis, elle a supporté les effets de préoccupations trop exclusives ; elle a assumé seule de nombreuses tâches communes. Puissent ces quelques mots lui exprimer mon affectueuse reconnaissance.

SOMMAIRE

page

Introduction 13

1ère partie. le thème des objectifs dans la rénovation de l'initiation scientifique et technique

1.1-le mouvement d'opérationnalisation des objectifs 19
1.1.1-la littérature des objectifs 19
A-littérature générale
B-applications
1.1.2-la rénovation des curriculums scientifiques 25
A-physique pour les 5e et 6e classes, Kiel
B-science de 5 à 13 ans
C-Progress in Learning Science

1.2-les travaux de la section sciences de l'INRP 31
1.2.1-biologie 6e 5e et activités d'éveil scientifiques 31
A-biologie 6e-5e
B-activités d'éveil
1.2.2- la conception des objectifs 37
A-nécessité des objectifs
a- explicitation des finalités
b- mise en oeuvre d'une démarche d'investigation autonome
c- mise en oeuvre d'une évaluation cohérente avec les finalités et la démarche
d- besoins de la communication et de la coopération
B- construction d'un tableau
a- pratique de la classe et élaboration théorique
b- difficultés des objectifs notionnels
1.2.3- objectifs pour l'éveil physique et technologique 42
A-tableau pour les activités d'éveil en physique et technologie
B-objectifs pour l'Education Manuelle et Technique
C-objectifs de physique et technologie au CP

1.3-les travaux du GTCREP et du LIRESPT 45
1.3.1-les modules d'initiation aux sciences et techniques 45
A-modules et "travail par objectifs"
B-listes d'objectifs des modules
a- modules de chimie - automatismes
b- électronique et photographie

1.3.2-les unités d'initiation aux sciences physiques 50
1.3.3-les manuels Libres Parcours 51
A-livres 6è
B-livres 5è, 4è et 3è

1.4 orientation 55
A-le point de vue de l'appropriation
B-la notion d'objectif possible
C-la notion d'objectif-obstacle
D-la notion de caractérisation

2ème partie-problèmes de caractérisation des objectifs- trois études de cas.

2.1-contenus pour une initiation aux techniques de fabrication mécaniques
2.1.1-buts et contenus d'une initiation aux techniques de fabrication 65
2111-la "technologie" dans les collèges 65
A-la technologie
B-orientations de la commission Lagarrigue
2112-expériences étrangères 69
A-le Project Technology
B-l'éducation polytechnique
2113-les intentions du module techniques de fabrication 72
A-buts principaux
a- motivation
b- savoir-faire
c- orientation
d- culture générale
B-conditions d'une initiation technologique authentique
C-projet d'initiation
2.1.2-examen critique de la cohérence du projet 77
2121-les tâches 80
A-but des activités
B-opérations techniques
C-matériel
D-documents
E-organisation productive
F-artisanat ou industrie
2122-les "qualifications" 84

2123-contraintes et moyens de l'initiation 86
A-réalisation et réflexion
B-progressivité
C-tension "contrat"/finalités
D-ouvertures
2.1.3 généralisation 88
A-notion de pratique sociale de référence
B-propositions d'application
a- pédagogie de l'"environnement"
b- concret/ abtrait
c- disciplines

2.2-le concept d'élément chimique dans l'initiation aux sciences physiques
2.2.1-difficultés du concept 95
2211-carences du programme 95
2212-ambiguités des chimistes 98
A-présentations didactiques
B-émergence historique
2.2.2 propositions pour l'initiation 103
2221-proposition de définition 103
A-le besoin d'un concept
a- le domaine des réactions chimiques
b- enseigner les réactions chimiques
B-définition du concept
a-le signifié
b-les limites
C-fonctionnement du concept
a-systèmes opératoires
b-objectifs conceptuels
2222-aspects de l'initiation 109
A-l'appropriation
a-rôle du problème
b-rôle des manipulations
c-rôle de l'analogie
B-la symbolisation
a- correspondances
b- modèle ou théorie
2.2.3-généralisation 113
A-niveaux d'élaboration conceptuelle et domaines d'investigation empirique
B-champs de référence empirique,images et concepts.

2.3-la notion de dureté dans l'approche des matériaux

2.3.1-le problème de la dureté 119

2311-conceptions opératoires 119

2312-notions et images 121

A-histoire de la dureté

a- une clarification longue

b- évolution des définitions et méthodes de comparaison

B imaginaire de la dureté

a- ethnologie

b- philosophie

c- l'imagination littéraire

b- les "réminiscences corporelles"

2313-conceptions des enfants 128

A-incohérences et fluctuations

a- langage et action

b- plasticité et fragilité

c- forme et matière

d- l'idée d'enfoncer

B-contradictions et différenciations

2.3.2-des intuitions à la comparaison objective 132

2321-intérêt du thème 133

A-connaissance de la matière

a- motivation et interdisciplinarité

b- solides et modèles continus

B-quantitatif et qualitatif

2322-démarches et objectifs 136

A-investigation autonome

a- raisons du choix

b- résolution de problème

B-obstacles et objectifs

2.3.3_généralisation 140

thèmes,démarches et objectifs

3ème partie-objectifs pour une initiation aux techniques de fabrication-éléments d'évaluation

3.1_caractérisation des objectifs

3.1.1_rôle du tableau d'objectifs 147

3111_contenus et démarches 147

3112_place dans la conception du module 148

3.1.2-évolution de la caractérisation 149
3121-problèmes de caractérisation 149
3122-esquisses de 72 et 73 149
3123-les dispositions de 74 -75 151
3.1.3-présentation et justification du tableau 152
3131-tableau des objectifs 152
3132-remarques générales sur le tableau 152
3133-remarques particulières sur les objectifs 156
3.2-problématique de l'évaluation
3.2.1-situation de l'évaluation 161
3.2.2-les questions de l'évaluation 162
3.2.3-les moyens de l'évaluation 164
3.2.4-plan de l'étude. 166
3.3-éléments de réponse
3.3.1-le dire 169
3311-positions 169
A-le tableau
a- étude par question
b-étude par expérimentateur
B-hiérarchies
a- ordination forcée
b- tableau des résultats
c- hiérarchie et dispersions
d- corrélations entre objectifs
e- comparaisons entre expérimentateurs
3312-déclarations 178
A-le contenu didactique
a- questions
b- présentations
c- jugements
B-compléments
a- jugements sur les classes
b- souhaits pour la formation des maitres
c- autres éléments
3.3.2-le faire 186
3321-réalisations 186
A-le "contrat"
B-les activités
a- séances initiales
b- séances intermédiaires
c- séances finales

C-difficultés
3322-évaluations 193
A-contrôles
B-observations
a- occasions
b- symptômes
C-jugements
3.3.3-les objectifs 202
3331-réception 202
A-indicateurs d'évaluation
B-objectifs de séance
3332-pertinence 207
A-cohérence et progrès
B-objectifs et obstacles

3.4-discussion
3.4.1-résultats 215
3.4.2-limites 218

Conclusion. 223

Sur la caractérisation des objectifs de l'initiation aux sciences et techniques - essai de synthèse. 231
Contexte et problèmes de la recherche. 234
A) recherche didactique et rénovation des enseignements
a) la rénovation des contenus
b) la constitution des didactiques
B) buts et méthodes d'investigation
a) origine et nature des problèmes.
b) principes et démarches de travail.
Bilan des acquis et perspectives actuelles. 246
A) propositions pour l'enseignement et la recherche.
a) matériaux pour la formation des maîtres.
b) principes pour la rénovation des contenus
c) éléments pour la didactique des sciences.
B) prolongements de la recherche.
a) applications possibles
b) élaboration et recherches nouvelles.

Annexes page

I - annexes à la première partie

Ia - tableau d'objectifs pour les activités d'éveil en physique et technologie, extrait de Recherches Pédagogiques n° 74, INRP, 1975 5

Ib - objectifs pour l'Education Manuelle et Technique, document pour les "Commissions Haby", 1975 27

Ic - objectifs pour la physique et la technologie au Cycle préparatoire, extrait d'un rapport de fin de contrat de recherche, 1979 33

Id - objectifs pour les sciences physiques en 6è, extrait du guide du maître Libres Parcours, 1977 45

II - annexes à la deuxième partie

IIa - l'essai du module Techniques de Fabrication compte rendu 55

IIb - autour de la notion d'élément chimique extraits des manuels élève et guide du maître Libres Parcours, 5è, 197[illegible] 117

IIc - l'essai d'une unité sur les propriétés mécaniques des matériaux compte rendu 131

III - annexes à la troisième partie

IIIa - les maîtres expérimentateurs du module Techniques de Fabrication enquête sociologique 149

IIIb - exemples de Journaux de bord et de questionnaire pour les maîtres expérimentateurs du module Techniques de Fabrication 157

IIIc - réalisations et opinions des maîtres expérimentateurs du module Techniques de Fabrication 175

Table des références

introduction, première partie, conclusion 197

deuxième partie, chapitre 1 206

deuxième partie, chapitre 2 211

deuxième partie, chapitre 3 215

troisième partie 219

INTRODUCTION

Les années qui ont suivi 68 ont vu un développement rapide des innovations pédagogiques en France. Les contenus de certaines disciplines ont fait l'objet de réflexions, essais et modifications importantes, avec pour certaines des commissions officielles, et une recherche dans les universités et à l'Institut National de Recherche Pédagogique [1]. En français et en mathématiques un développement important de la recherche "curriculaire" en est résulté, dont certains protagonistes ont récemment tiré un bilan [2]. Les travaux effectués, dans le cadre de recherches-actions, d'évaluations, d'innovations contrôlées ou de recherches plus ponctuelles sur les processus d'apprentissage des élèves sont tous marqués par l'importance et même la prépondérance des aspects "disciplinaires" et donc la part majeure des spécialistes des disciplines concernées,"reconvertis" à la didactique.[3]

En sciences physiques et technologie la Commission dite "Lagarrigue" pour la rénovation de l'enseignement de la physique et de la technologie avait chargé dès l'origine, en 1971,un groupe de travail d'étudier de manière approfondie, avec des "expérimentations", une rénovation complète de la technologie de 4e et 3e des collèges et une éventuelle introduction des sciences physiques en 6e et 5e [4]. A l'école primaire, où les activités d'éveil devaient comprendre une initiation physique et technologique, la section sciences Ecole élémentaire de l'INRP avait engagé des innovations contrôlées à partir de 1970.[5]

C'est dans ces deux groupes de recherche, dont le premier est devenu le LIRESPT (Laboratoire Inter-universitaire de Recherches sur l'Enseignement de la Physique et de la Technologie), que nous avons pu participer à partir de 1972 à une série d'innovations, d'évaluations et de recherches.

Notre travail ne peut se comprendre en dehors de notre trajectoire personnelle au milieu de ces deux aventures collectives: il se veut d'abord mise au au jour de matériaux et retour critique, au moment où les recherches didactiques s'engagent dans d'autres directions.

---

1) une vue synthétique et critique de ces travaux est donnée dans:
L. LEGRAND pour une politique démocratique de l'éducation, PUF, 1977
W. HÖRNER Curriculum Entwicklung in Frankreich, Beltz, 1979

2) H. ROMIAN pour une pédagogie scientifique du français, PUF, 1979
A. REVUZ est-il impossible d'enseigner les mathématiques? PUF, 1980

3) par exemple J. POINSSAC-NIEL technologie éducative et histoire, PUF,1975
A. GIORDAN une pédagogie pour les sciences expérimentales, Le centurion, 1978
G. MANEVEAU musique et éducation, Edisud,1977

4) Documents de la Commission Lagarrigue, Bull Union des Physiciens n°597, oct 1977
les débuts sont décrit dans L.LEBOUTET l'enseignement de la physique, PUF,1973

5) J.L MARTINAND acquis et perspectives des recherches sur les activités d'éveil en en physique et technologie, les cahiers de Fontenay n°16 sept 79 p. 109-124

Nous avons choisi un thème qui nous semble avoir occupé une position centrale dans les travaux des dix dernières années en didactique des sciences physiques et qui nous a nous même occupé pour une part importante, à travers des participations variées à des essais de projets de programmes en 4ème ou en 6ème, à la rénovation des manuels de collège, à la tentative de définition de l'éveil aux sciences physiques: celui des objectifs de l'initiation aux sciences et techniques.

Ce thème des objectifs, il sera pris ici du point de vue du scientifique qui enseigne les sciences physiques: notre travail se rattache à la didactique d'une discipline et non à la pédagogie générale ou aux autres sciences de l'éducation. Nous accorderons donc une importance fondamentale aux matières d'enseignement et pour nous, le travail sur les objectifs sera d'abord un travail sur les contenus. C'est pourquoi nous nous écarterons des projets toxonomiques ou typologiques de définition générale des objectifs pour nous intéresser aux aspects plus limités de caractérisation de ceux-ci dans le cadre de l'élaboration d'un projet d'enseignement, en tant que phase et composante de celui-ci.

Il peut paraître étonnant qu'un physicien s'occupe aussi des objectifs de l'initiation aux techniques. C'est qu'il n'a pas dépendu de nous que les activités d'éveil mêlent physique et technologie à l'école élémentaire, que nous ayions eu à nous occuper d'initiation aux techniques de fabrication en 4e, et que, s'agissant des objectifs, nous ayions peut-être consacré plus d'efforts aux techniques qu'à la physique. Mais la raison est aussi plus profonde: au niveau des enfants de l'école élémentaire ces différences sont sans valeur; seulement lors de l'adolescence, les différenciations s'opèreront et deviendront des évidences d'adultes. Nous assumons donc le choix qu'avait fait le Groupe de travail de la Commission Lagarrigue d'une "initiation aux sciences et techniques"[1]), en pleine connaissance de leur relations permanentes mais évolutives d'oppositions et de dépendance.

Une première partie sera consacrée à une étude rapide du thème des objectifs, dans la rénovation de l'initiation scientifique et technologique. Elle analysera les aspects principaux de la pénétration et du développement du "point de vue des objectifs" dans les travaux de l'INRP sur la biologie au premier cycle et sur les sciences à l'école élémentaire, ainsi que dans les différentes productions du Groupe de travail de la Commission Lagarrigue et du L IRESPT pour les collèges. Elles esquissera la conception des objectifs développée ensuite.

---

1) G. DELACOTE l'enseignment intégré des sciences, un exemple parmi d'autres: sciences et technologie, rapport à la Conférence Internationale sur l'Enseignement de la Physique, Edimbourg 1975.

La deuxième partie s'efforcera, à travers trois études de cas sur des essais de rénovation auxquels nous avons participé, de préciser les problèmes et d'apporter certaines réponses aux questions qui se posent lorsque l'on cherche à :

- expliciter la signification d'intentions générales lors de choix de contenus d'enseignement;
- passer d'un programme officiel à l'élaboration détaillée du contenu conceptuel correspondant;
- déterminer les buts et les phases d'une progression en fonction d'options pédagogiques préalables.

Les occasions de ces trois études sont respectivement:

. un projet d'initiation aux techniques de fabrication mécanique en 4^e;

. la notion d'élément dans le programme de chimie de 5^e;

. un projet d'initiation aux propriétés mécaniques des matériaux en 6^e.

Enfin une dernière partie traitera une quatrième question:

- évaluer du point de vue des objectifs un projet de curriculum, en s'appuyant sur les données recueillies lors des essais dans les classes du "module" d'initiation aux techniques de fabrication mécaniques.

1ère PARTIE

LE THEME DES OBJECTIFS DANS LA RÉNOVATION DE L'INITIATION SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE

1.1. LE MOUVEMENT D'OPERATIONNALISATION DES OBJECTIFS

1.1.1. LA LITTERATURE DES OBJECTIFS

La mode des objectifs a peut-être culminé en France avec la réforme du Ministre R. HABY (1), donnant à la présentation des contenus en termes d'objectifs la sanction du discours officiel. Mais le point de vue des objectifs ne datait pas de cette époque, et les recherches ne se sont pas arrêtées.

Il n'est pas question ici de reprendre toute la littérature internationale, c'est-à-dire principalement anglosaxonne. La note de synthèse de D. HAMELINE dans la *Revue Française de Pédagogie*, dont nous partageons les idées, présente une revue des tendances et des sources disponibles en langue française (2), en distinguant ouvrages d'initiation, travaux de recherche, réalisations concrètes (outre les nouvelles instructions officielles, et la littérature sur les finalités). Notre propos est plutôt de baliser le cheminement d'un chercheur en didactique des sciences expérimentales (3).

A) Contemporaines du développement des travaux sur les curriculums scientifiques, les éditions en traduction du livre de MAGER, *Preparing Instructional Objectives* (4) ont obligé tous les chercheurs en didactique des sciences à prendre position sur la conception comportementale des objectifs (que doit faire l'élève, dans quelles conditions, avec quels critères de réussite). Un peu plus tard, la traduction québécoise des livres de BLOOM (5) montra l'apport d'une approche analytique systématique des objectifs pour améliorer l'évaluation des élèves. En France, une des premières utilisations de cette taxonomie fut faite par D. BONORA dans un travail avec les professeurs de biologie sur leurs objectifs explicites et implicites (6), et dans sa participation aux enquêtes de l'International Education Achievement sur les connaissances scientifiques des élèves.

---

(1) R. HABY, Les objectifs généraux de l'éducation, *Le Courrier de l'Education* N°29,19 Avril 1976, p. 1-16

(2) D. HAMELINE, L'entrée dans la pédagogie par les objectifs, in *Revue Française de Pédagogie, N°46* (1979) p. 79-90

(3) W. HORNER a étudié dans sa thèse la pénétration du thème des objectifs en liaison avec le développement des curriculums : *Curriculumentwicklung in Frankreich* (1979) p. 253-268. Notre expérience recoupe bien sa description

(4) R. MAGER *Vers une définition des objectifs pédagogiques,* Gauthier-Villars (1969) - 2e édition Bordas (1977) sous le titre *Comment définir des objectifs pédagogiques.*

(5) B.S. BLOOM et al, *Taxonomie des objectifs pédagogiques. I. Domaine cognitif* Education Nouvelle (1969)

(6) Communication Privée ; voir aussi D. BONORA, Les buts de l'Education, in *Traité de Psychologie Appliquée*, T. 6, (1973) p. 139-191.

Ces travaux ont engagé les chercheurs dans la littérature anglosaxonne foisonnante sur le sujet, comme les ouvrages non encore traduits de BLOOM, GAGNE, GRONLUND, sur la formulation des objectifs, l'évaluation et la construction des curriculums (1).

En 1975, une clarification importante est apportée par l'ouvrage de G. et V. DE LANDSHEERE (2) qui met à disposition des lecteurs les orientations essentielles de chaque conception, dégage trois niveaux de définition - les fins et les buts, les taxonomies, les objectifs opérationnels - et montre de manière définitive l'intérêt du point de vue des objectifs dans la construction des curriculums :

> "abandonner complètement les maîtres à eux-mêmes, sous prétexte de respecter leur indépendance, leur créativité, manque de réalisme. Pour nous, le design consiste
> - à définir des objectifs, à un ou plusieurs niveaux,;
> - à suggérer des thèmes d'activités susceptibles de provoquer des apprentissages dans le sens souhaité ;
> - à offrir un choix de méthodes et de moyens ;
> - à proposer des instruments de contrôle de l'enseignement et de l'apprentissage ;
> - à déterminer les prérequis". (3)

L'ouvrage des De Landsheere révèle aux francophones l'intérêt de la recherche universitaire belge, après celle du Québec, pour la "technologie des objectifs" avec des travaux comme ceux de D'HAINAUT, TOURNEUR (4), DE KETELE (5), DE BLOCK (6). Dans son article de 1975 sur les problèmes des objectifs dans le cadre d'une "préparation de leçon", De Ketele propose douze paramètres de l'opérationnalisation qui devient de plus en plus exigeante :

1) Auteur de la performance

2) Caractéristiques de l'auteur

---

(1) B.S. BLOOM et al, *Handbook on Formative and Summative Evaluation of Student Learning*, Mc Graw Hill, (1971)
R.M. GAGNE, S. BRIGGS, *Principles of Instructional Design*, Holt, Rinehart Winston (1974)
R.M. GAGNE, *Essentials of Learning for Instruction*, Holt, Rinehart Winston (1975), traduction française, même éditeur (1976)
N.E. GRONLUND, *Stating Behavioral Objectives for Classroom Instruction*, MacMillan (1970)

(2) G. et V. DE LANDSHEERE, *Définir les Objectifs de l'Education*, PUF (1975)

(3) G. et V. DE LANDSHEERE, op. cit. p. 270

(4) Y. TOURNEUR, *Effets des objectifs dans l'apprentissage : étude expérimentale*, Thèse Université de Mons, Ministère de l'Education Nationale et de la Culture Française (1975)

(5) J.M. DE KETELE, Les problèmes des objectifs dans le cadre d'une "préparation de leçon", *Les Sciences de l'Education pour l'Ere Nouvelle*, (1975) N°1, p. 7-52

(6) A. DE BLOCK, La taxonomie des objectifs éducatifs, in *Revue Française de Pédagogie*, N°47 (1979) p. 5-11

3) Support de la performance
4) Caractéristiques du support
5) Réponse
6) Caractéristiques de la réponse
7) Processus
8) Caractéristiques du processus
9) Environnement de la performance
10) Caractéristiques de l'environnement
11) Evaluateur
12) Critères d'évaluation (1)

1979 marque peut-être un palier, avec une série de publications de synthèse et de critique s'appuyant sur des réflexions théoriques et des expériences pratiques diverses dans la définition des objectifs : nous pensons aux ouvrages de C. BIRZEA (2), qui donne une présentation d'ensemble des différentes techniques d'opérationnalisation et surtout analyse leurs conceptions théoriques sous-jacentes, de J. POCZTAR (3), qui est plutôt une vulgarisation, de D. HAMELINE (4), qui est à la fois un manuel d'auto-formation et une analyse très lucide de l'état de la question. On peut y joindre la publication de l'Université de Toulouse, sous la direction de L. NOT (5), avec des exemples dans différentes disciplines, et le très important manuel de DE CORTE, GEERLIGS, LAGERWEIJ, PETERS, VANDENGERGHE, adapté par VAN CUTSEM, *Les fondements de l'action didactique* (6).

Mais nous pensons que l'apport le plus riche et le plus intéressant pour la didactique est celui de D'HAINAUT (7) ; d'une part il propose un modèle général qui intègre la plupart des apports des objectifs de comporte-

---

(1) J.M. DE KETELE, article cité, p. 36-37, pour un tableau récapitulatif
(2) C. BIRZEA, *Rendre opérationnels les objectifs de l'éducation,* PUF (1979)
(3) J. POCZTAR, *La définition des objectifs pédagogiques, bases, composantes et références de ces techniques,* ESF (1979)
(4) D. HAMELINE, *Les objectifs pédagogiques en formation initiale et en formation continue,* ESF (1979)
(5) L. NOT et al, *A propos des objectifs en pédagogie* Université de Toulouse Le Mirail (1979)
(6) E. DE CORTE, C.T. GEERLIGS, N.A.J. LAGERWEIJ, J.J. PETERS, R. VANDENBERGHE, *Les fondements de l'action didactique,* de la didactique à la didaxologie, adaptation française par V. VAN CUTSEM, A. de Boeck, (1979)
(7) L. D'HAINAUT, *Des fins aux objectifs de l'éducation,* Labor. Nathan 1977

ment, des taxonomies et de l'enseignement programmé, d'autre part il accorde à la "matière" d'enseignement une importance que les généralistes des sciences de l'éducation avaient un peu trop tendance à oublier ou même à nier. Sans doute à cause de sa formation de physicien, il nous semble que D'Hainaut propose un des seuls modèles dans lequel un physicien n'ait pas le sentiment de se sentir étranger, même s'il n'en adopte pas la démarche systématique et n'en utilise que certains niveaux. Dans l'exposition de notre travail, nous utiliserons l'ouvrage de D'Hainaut comme référence permanente (1).

B) Du point de vue des applications concrètes, D'Hainaut traite d'exemples de physique et de chimie (2). C'est la raison de la grande attention qu'il porte aux opérations cognitives de conceptualisation qui sont évidemment beaucoup plus complexes dans les sciences expérimentales et particulièrement en physique, que dans les sciences sociales qui constituent manifestement le référent privilégié de taxonomies comme celles de Bloom et de la plupart de ses successeurs.

Une utilisation intéressante du modèle de D'Hainaut a été faite par F. DUCHESNE pour les apprentissages techniques (3). Donnons ici un exemple, à propos d'opérations d'usinage (4), développé dans une perspective d'évaluation :

"1) Caractéristiques :
- avec outils à dresser gauche et droit
- au niveau de la 3e professionnelle mécanique - 2e semestre
- l'élève n'a pas encore réalisé un usinage semblable sur étau-limeur
- aucune limite de temps ne sera imposée pour la maîtrise de l'objectif.

2) Définition de l'objectif :
- l'objet de l'activité :
  - un Vé en fonte grise préusiné
  - c'est une pièce unitaire comprenant déjà l'entaille moulée
  - il faut reprendre 3 mm sur chaque face
  - les flancs de l'entaille sont tracés et pointés
  - dimensions 100x50x70
- l'activité demandée : raboter une entaille en Vé, suivant tracé, par inclinaison de la tête verticale de l'étau-limeur (procéder par avance manuelle)

---

(1) Nous devons cependant signaler que nous n'avons pris connaissance du livre de D'Hainaut qu'après les différents travaux exposés dans la suite.

(2) Exemple : corps simple et élément chimique, op. cit. p. 191-194

(3) F. DUCHESNE, *Evaluation expérimentale de la maîtrise du dessin technique au niveau de la 3e année du secondaire rénové,* Mémoire de licence, Université de Mons, 1977

(4) *Recueil d'objectifs opérationnels se rapportant à des cours techniques et de pratique professionnelle,* documents multigraphiés par F. DUCHESNE et P. MINGUET (1979).
Voir aussi F. DUCHESNE, Compétences en dessin technique, in *L'Ingénieur et le Technicien de l'Enseignement Technique,* (ITET) N°217, p. 21-29.

3) Prérequis :
   1. Lire un plan dont la difficulté se situe au niveau de la représentation orthogonale des formes prismatiques
   2. Conceptualiser les conditions de coupe des outils travaillant la fonte aux points de vue angles, préparation de la matière à usiner
   3. Réaliser les opérations élémentaires sur étau limeur : surfac er (..
   4. Utiliser l'outillage de l'étau-limeur : abloquer les pièces en étau, assurer les sécurités machine et opérateur
   5. Conceptualiser le fonctionnement de la tête de l'étau-limeur

4) Marche à suivre (rem. le mode opératoire a été élaboré antérieurement)
   A. Préparation de la machine, à vide
      1. Choisir la face à usiner (gauche ou droite)
      (X) 2. Incliner la tête de l'étau-limeur suivant la graduation circulaire et selon le sens choisi
      .....
      (X) 7. Choisir l'outil (gauche ou droit) en fonction de l'inclinaison de la tête
      (X) 8. Mesurer le porte-à-faux en fonction de la profondeur de l'entaille
      .....
   B. Rabotage du premier flanc
      (X) 1. Ecrouter jusqu'à 1 mm du tracé par avancement manuel
      (X) 2. Parachever le premier flanc ou trait par avancement
   C. Il s'agit de reproduire pour l'autre flanc les mêmes opérations (A + B)

5) Critères d'évaluation : l'objectif global "raboter une surface oblique", mis en situation au moyen du Vé en fonte et en tenant compte des compétences déjà prérequises, va permettre à l'élève d'atteindre des compétences spécifiques nouvelles reprises en (X). On peut les appeler objectifs secondaires. Les critères de performance ou seuils individuels de succès devront être fixés pour ces cinq objectifs secondaires seulement (...)

6) Evaluation de la leçon (...)"

Nous avons cité longuement cet exemple pour montrer une opérationnalisation très complète.

Des tentatives analogues, mais moins poussées du point de vue de l'opérationnalisation, et malheureusement non publiées, ont fait partie des très nombreux travaux sur les Certificats d'Aptitudes Professionnelles par Unités Capitalisables. Une vue d'ensemble des problèmes est donnée dans l'ouvrage de J.L. CHANCEREL sur la construction des systèmes de formation par unités capitalisables (1).

En France, outre le numéro spécial des *Cahiers Pédagogiques* de 76 (2) qui a été très utilisé dans des stages de formation des enseignants, il

---

(1) J.L. CHANCEREL, *La Construction des Systèmes de Formation par Unités Capitalisables,* P. Lang (1978)

(2) *La Pédagogie par Objectifs,* Cahiers Pédagogiques N° 148-149, Nov. 1976.

convient de signaler les nombreux travaux engagés par les mathématiciens dans les IREM et dont les actes du *Colloque d'Orléans* de Février 77 donnent un panorama très large (1), débordant d'ailleurs les mathématiques.

R. GRAS y présente une taxonomie d'objectifs, qu'il a pu évaluer et hiérarchiser dans sa thèse (2). Le tableau des objectifs qu'il présente est organisé en cinq grandes catégories :

A. Connaissance des outils de préhension de l'objet et du fait mathématiques (quatre objectifs) ;

B. Analyse des faits et transposition (trois objectifs) ;

C. Compréhension des définitions et des structures (quatre objectifs) ;

D. Synthèse et créativité (quatre objectifs) ;

E. Critique et évaluation (trois objectifs).

Pour chacun des dix-huit objectifs, des verbes décrivent les activités attendues, base pour une opérationnalisation à travers le contenu de la situation didactique. Neuf classes d'activités sont distinguées : 1) heuristique, 2) traductif, 3) classificatoire, 4) calculatoire, 5) logique, 6) technique, 7) transferts, 8) critique, 9) prédictif, et permettent le choix de situations par rapport à un programme de contenus.

Les progrès, selon nous irréversibles, dus au mouvement d'opérationnalisation des objectifs (centration sur l'élève, rationalisation des choix) ne doivent pas masquer les limites. Tout n'est pas traduisible en objectifs (3), et surtout, il importe d'examiner de manière plus approfondie comment intervient le "point de vue des objectifs" dans la rénovation de l'enseignement scientifique, à travers l'analyse de quelques curriculums.

---

(1) *Pédagogie par Objectifs, ou Objectifs en Pédagogie,* IO N°7, IREM d'Orléans, (1977)

(2) R. GRAS, Vers un Programme Educatif par Objectifs en Mathématiques, IO N°7, IREM d'Orléans, p. 125-141 (1977)
R. GRAS, *Contribution à l'étude expérimentale et à l'analyse de certaines acquisitions cognitives et de certains objectifs didactiques en mathématiques,* Thèse d'Etat, Rennes I (1979)

(3) Voir M. LUMBROSO, A propos de la définition des objectifs pédagogiques, IO N°7, IREM d'Orléans, p. 5-10.

1.1.2. LA RENOVATION DES CURRICULUMS SCIENTIFIQUES

Dans sa revue d'ensemble de la recherche pédagogique en sciences pour le 1er et le 2nd degrés (1), V. HOST insiste sur l'importance historique des recherches sur la construction et la validation des curriculums scientifiques dans les pays industrialisés de l'Est et de l'Ouest. Un panorama mondial incluant les tentatives du Tiers-Monde se trouve dans l'ouvrage de A. BAEZ (2) confirmant l'impression d'explosion des initiatives depuis le début des années soixante.

Lorsqu'on pénètre dans les différents projets développés pour l'initiation aux sciences et techniques, on est frappé par leur extrême diversité de conception, sur le plan des intentions et des démarches pédagogiques, des contenus, du rôle des maîtres. Certains partent d'activités créatives proches du jeu pour développer une attitude scientifique et une démarche expérimentale, et ainsi promouvoir le développement cognitif de l'enfant (3), d'autres sont centrés sur la construction de quelques concepts scientifiques de base, de valeur très générale, à partir d'un matériel spécifique (4). Les objectifs jouent dans ces projets des rôles variables, plus ou moins développés en fonction des efforts d'évaluation des acquis des élèves qui ont été déployés.

En sciences physiques, deux projets européens nous semblent particulièrement intéressants du point de vue des objectifs, et ont marqué, par convergence ou opposition, les travaux de l'INRP et du GTCREP : celui de l'Institut pour la Pédagogie des Sciences de la Nature de Kiel (à partir de 1969), et le projet Science 5-13 de l'Université de Bristol (1967-1971). Nous tenterons ci-dessous de dégager leurs conceptions essentielles.

A) Le curriculum de physique pour les classes 5 et 6 (10-12 ans) à Kiel (5) propose un ensemble d'unités thématiques orientées vers l'environnement et organisées par trois concepts de base (énergie, circuits élec-

---

(1) V. HOST, La Recherche Pédagogique en Sciences, in *Revue Française de Pédagogie*, N°52, p. 79-80 (1980)
(2) A. BAEZ, *L'innovation dans l'enseignement des sciences : synthèse mondiale*, UNESCO (1977)
(3) Par exemple : Elementary Science Study, *The ESS Reader*, Newton, Mass. (1970)
(4) Par exemple : *Science Curriculum Improvement Study*, Lawrence Hall of Science, Un. de Berkeley
(5) J.L. MARTINAND, *IPN de Kiel, Compte rendu de visite*, sept. 1973 GTCREP
A. CARRE, L'IPN de Kiel, *Bull. de Liaison du LIRESPT*, N°3 p. 91-112.

triques, rétroaction). Le but est d'éveiller l'intérêt pour la physique et la technologie, et de faire acquérir la maîtrise des différentes étapes de la méthode des sciences. Chaque unité comporte une liste d'objectifs minutieusement élaborés.

Au début, les objectifs étaient répartis sur trois "plans" :

- idées directrices fournissant un cadre de référence général (motifs, thèmes, démarches...)

- objectifs de "disposition" (types de réactions, attitudes...)

- objectifs pédagogiques opérationnels définis selon les normes de Mager et appliqués au commentaire des progressions et aux fiches d'évaluation.

Couplés à un déroulement très directif et un contenu très "scolaire", les objectifs contribuaient à donner aux premières unités une allure rigide et technocratique qui a été fortement corrigée par la suite.

Dans une unité actuelle comme "lumière et ombre" (1), l'objectif central est le concept d'énergie lumineuse (2). En fait, trois grands types d'objectifs sont proposés :

- objectifs de connaissances scientifiques. Se rattachent au concept d'énergie lumineuse, ceux d'intensité lumineuse et d'éclairement dont les relations entre eux et avec la distance à la source font l'objet d'expérimentations dans une première section. Une deuxième section s'occupe de la propagation de l'énergie lumineuse (trajectoire, absorption, réflexion, diffusion...) et la compare au rayonnement d'énergie thermique. Une troisième section traite les ombres et la pénombre. La formation des images est exclue mais la chambre noire et les miroirs peuvent être abordés ;

- objectifs de compréhension de l'environnement. Ils sont représentés par les applications concrètes qui suscitent un besoin d'explication ;

- objectifs de méthode.

Si l'on prend les objectifs de la première section, on retrouve spécifiés et formulés les objectifs conceptuels, par exemple :

- "objectif N°4 : les concepts d'intensité lumineuse et d'éclairement : savoir exprimer verbalement ces deux concepts avec leurs implications mutuelles

(1) *Lumière et Ombre, Guide du Maître,* traduction LIRESPT
(2) Nous n'examinerons pas ici la signification exact du terme et du concept d'énergie.

et savoir les appliquer correctement à la description de phénomènes optiques";

avec des renvois aux sous-thèmes concernés de l'unité et aux items du test de contrôle final, ainsi que des objectifs méthodologiques comme :

-"objectif N° 7 : élaboration d'un projet de recherche expérimentale. Savoir organiser deux recherches expérimentales (variation de l'éclairement en fonction de l'intensité lumineuse et en fonction de la distance, en faisant varier une seule variable à la fois). Comprendre que cette méthode de séparation des variables s'impose chaque fois qu'une grandeur dépend de plusieurs facteurs."

Comme on le voit, les objectifs des unités de physique de Kiel sont le résultat d'une opérationnalisation essentiellement fondée sur l'analyse de la matière d'enseignement. Ils permettent une évaluation précise, mais participent d'une vision centrée sur la discipline et cohérente avec une démarche très orientée par le maître qui sait à l'avance où l'objectif doit apparaître.

B) Un peu à l'opposé se situe la conception de Science de 5 à 13 ans (1) : "l'accent doit toujours être porté sur l'enfant, sa croissance et son développement en tant qu'individu, car on doit s'occuper et s'adresser à la personnalité complète de l'enfant". Il vise à "développer un esprit de recherche et une approche scientifique des problèmes", ce qu'il décompose en huit buts généraux :

- développer des intérêts, des attitudes et un sens esthétique ;
- observer, explorer et ordonner les observations ;
- développer des concepts de base et une pensée logique ;
- poser des questions et concevoir des expériences et des recherches pour y répondre ;
- interpréter les découvertes de manière critique ;
- apprécier les structures et les relations ;
- communiquer ;
- acquérir un savoir et apprendre des techniques.

---

(1) *Les Sciences pour les enfants de 5 à 13 ans,* traduction abrégée de With Objectives in Mind, LIRESPT
A. TIBERGHIEN, Sciences 5 à 13, in *Bulletin du LIRESTP* N°3, p. 129-138
W. HARLEN, *Science 5 to 13 : A Formative Evaluation,* Londres, MacMillan Education, 1975, VIII, 128 p.

L'originalité principale du projet du point de vue des objectifs est de s'appuyer sur la théorie des stades de Piaget pour proposer trois niveaux d'objectifs correspondant à pensée intuitive et pensée opératoire concrète (1er niveau), pensée opératoire concrète (2e niveau), transition vers pensée opératoire formelle. Les objectifs ne cherchent pas à être des objectifs opérationnels selon les critères de Mager, mais à être utilisables par les maîtres :

> "Un but indique le comment, par exemple : "expérimentation sur des matériaux différents", il n'est pas défini en termes de comportement, il indique comment nous avons l'intention d'aborder l'étude des matériaux, mais non pourquoi nous le faisons ou ce que nous espérons accomplir (...). Suivant l'expérience prévue et le stade de développement de l'enfant, la réponse peut être que nous espérons les voir acquérir :
> - une appréciation de la diversité des matériaux, de leur environnement, ou,
> - l'aptitude à faire une discrimination entre les différents matériaux, ou
> - la prise de conscience qu'il y a diverses manières d'expérimenter des idées ou de faire des observations, ou,
> - l'appréciation que les propriétés des matériaux ont une influence sur leur utilisation, ou
> - tout autre combinaison de ces objectifs avec d'autres.
>
> Ces énoncés indiquent le résultat, mais ne donnent pas d'indication sur les moyens de les atteindre (...)
> Etant d'avis que c'est aux maîtres de décider ce qui convient le mieux à leurs élèves, nous nous sommes arrêtés avant que les énoncés ne deviennent assez détaillés pour prescrire exactement ce qu'un enfant devrait savoir ou faire, avant que les énoncés ne commencent à se référer non plus seulement au pourquoi, mais aussi au quoi, quand et comment".

Cette longue citation explicite parfaitement une conception de la caractérisation des objectifs centrée sur l'enfant, débouchant sur un tableau que le maître a présent à l'esprit pour orienter ses observations et interventions, mais qui n'est en aucun cas un programme d'activités.

Le système des objectifs proposés résulte de nombreux cycles de modifications, d'essais en classe, de discussions avec les maîtres et les conseillers. La brochure qui en est l'aboutissement (*With Objectives in Mind*) est un guide pour amener progressivement les maîtres à utiliser puis élaborer eux-mêmes des objectifs.

Pour donner un exemple, voici quelques objectifs correspondant à l'objectif général "formuler des questions et imaginer des expériences ou des recherches pour y répondre" :

"- stade 1 - capacité de faire des comparaisons portant sur une propriété ou une variable

- savoir que plus d'une variable peut être en jeu

dans un changement particulier.

- stade 2 - capacité d'étudier les variables et de découvrir celles qui sont "effectives"

- se rendre compte de la nécessité de contrôler les variables et d'utiliser les contrôles dans les recherches.

- stade 3 - capacité de concevoir des expériences avec des contrôles "effectifs" pour vérifier des hypothèses."

La faiblesse de ce projet n'est sans doute pas dans les objectifs en tant que tels, ni dans les thèmes proposés, qui sont très riches d'idées de manipulations et d'observations, mais, contrairement au projet de l'IPN, dans le fait que la méthode de découverte ne débouche pas nettement sur des acquis notionnels, par manque d'activités de comparaison, d'information et de structuration. Peut-être une analyse épistémologique plus approfondie de l' activité scientifique, avec des chercheurs des sciences expérimentales, aurait pu féconder la créativité du groupe de maîtres et les amener à réfléchir aux limites d'une démarche de découverte pure.

C) Signalons qu'un autre projet a suivi selui de Sciences de 5 à 13 ans, tout en s'y rattachant, "Progress in Learning Science" (1), qui expose une analyse du développement de la pensée de l'enfant et fournit aux maîtres des listes de "critères pour observer les progrès des enfants et des suggestions pour ajuster les situations de classe aux objectifs".

Nous donnons ci-dessous un exemple de description de comportements d'élèves de 7-11 ans parmi les trente proposés (2) :

> "Capacité d'expérimenter
> Signification dans ce contexte : réaliser un ensemble d'actions qui qui permettent d'observer d'une manière systématique les effets de certains changements.
> A quelles occasions en rechercher la manifestation : quand les enfants ont une idée précise de ce qu'ils désirent tester, et doivent pour cela mettre en place un dispositif ou créer une situation qui permette de faire cette recherche. Par exemple, ils peuvent désirer connaître la façon dont se nourrit un animal particulier, ou quelle est parmi les diverses variétés, la colle la plus forte pour faire des maquettes. Cette capacité se manifestera dans la manière dont

---

(1) *Match and Mismatch,* 2 vol. 1. *Raising Questions* - 2. *Finding Answers,* Oliver and Boyd, 1977, 258 + 169 p.

(2) *Progrès dans l'Initiation aux Sciences,* traduction de documents provisoires LIRESTP, p. 16.

ils font varier certaines choses et gardent d'autres invariantes, dans la manière systématique avec laquelle ils essayent différents changements et dans les vérifications qu'ils font et les comptes rendus qu'ils gardent. Quand cette capacité est peu développée, l'enfant essaye une chose puis une autre sans plan apparent ou sans relation entre les activités. Même si on lui a donné des directives à suivre, il n'est pas capable de voir pourquoi certaines choses restent les mêmes tandis que d'autres changent et ce que signifie le résultat. L'enfant qui est à un stade plus avancé peut suggérer différentes manières de tester les choses mais n'est pas capable d'imaginer et de réaliser une expérience viable sans être guidé. Quand cette capacité est développée, l'enfant peut réaliser sans aide une expérience de façon systématique bien qu'il puisse encore demander une aide pour organiser une expérience dans son ensemble.

Résumé : 1. Essaye des choses plus ou moins au hasard sans organisation discernable dans ses activités.

2. A des idées générales sur la façon d'imaginer ou de réaliser une expérience, mais demande de l'aide pour planifier ou réaliser de façon systématique ce qu'il faut faire.

3. Peut réaliser une expérience une fois qu'elle est organisée mais peut demander de l'aide au stade de l'organisation préalable".

Avec ce type de formulation, on semble s'éloigner des objectifs, au sens strict du terme, norme ou critère correspondant aux visées d'une action didactique. Il nous semble au contraire qu'il s'agit d'un effort très important pour réintégrer l'explicitation des objectifs, avec sa dérive vers une opérationnalisation de plus en plus parcellaire et rigide, comme une des composantes de la construction d'un curriculum, qui doit être cohérente avec les autres choix (finalités générales, démarches pédagogiques) pour permettre l'optimisation des interventions du maître (le "matching").

Cependant ce type de problème ne relève plus seulement de la recherche-innovation de type curriculaire, mais des recherches-actions qui se multiplient actuellement.

1.2. LES TRAVAUX DE LA SECTION SCIENCES DE L'INRP

1.2.1. BIOLOGIE EN 6e-5e ET ACTIVITES D'EVEIL SCIENTIFIQUES

Les travaux de la section sciences de l'INRP ont été publiés sous la forme d'une série de numéros de la revue Recherches Pédagogiques (1) de l'Institut. Toutes ces publications abordent le problème des objectifs.

A) La première tentative découle de l'obligation faite en Décembre 1970 aux biologistes des CES expérimentaux de préparer des épreuves-bilan, alors même qu'il n'y avait plus de programme de biologie depuis Octobre 1968 (2). Une liste organisée a été proposée pour servir de cadre aux tests, les objectifs communs apparaissant comme la seule façon de s'affranchir de la diversité d'activités résultant d'une multitude de thèmes.

Un autre fait a marqué cette première élaboration : le CES expérimental de Marly, où les biologistes tenaient un séminaire régulier, était conçu pour l'utilisation massive des techniques audiovisuelles, en particulier du circuit fermé de télévision. Une question incontournable se posait aux professeurs de sciences expérimentales : quelle initiation à la démarche expérimentale peut passer par l'audiovisuel et plus généralement quelles sont les conditions de l'accès à la méthode expérimentale ? Il leur fallait affirmer la spécificité des disciplines expérimentales, devant les disciplines de communication ou de documentation.

Le numéro 55 de *Recherches Pédagogiques* présente le tableau détaillé des objectifs et des propositions d'épreuves d'évaluation (3). Nous donnons ici les grandes catégories retenues.

---

(1) *Biologie (initiation expérimentale) en 6e et 5e dans les CES expérimentaux,* Recherches Pédagogiques n° 55, INRP, (1972)
Activités d'éveil scientifiques à l'école élémentaire :
I. Objectifs, méthodes, moyens - R.P. N°62, INRP (1973)
II. Première approche des problèmes écologiques - R.P. N°70, INRP (1974)
III. Initiation physique et technologique - R.P. N°74 (1975)
IV. Initiation biologique - R.P. N°86 (1976)
V. Démarches pédagogiques en initiation physique et technologique - R.P. N°108 (1980)
VI. Eléments d'évaluation - R.P. N°110 (1980)

(2) Entretien privé avec V. HOST, alors responsable des recherches, du 19/12/79.

(3) *Recherches Pédagogiques* n°55, p. 19-91

Application des langages fondamentaux	langue parlée et écrite langage mathématique symboles et codes langage audiovisuel
Organisation du travail	organisation du travail personnel organisation du travail d'équipe
Acquisition de méthodes	observation repérage et mesure expérimentation intégration et application
Acquisition de techniques	techniques spécifiques à la biologie techniques non spécifiques à la biologie
Acquisition de connaissances	organisation des êtres vivants fonctions biologiques continuité de la vie comportement animal écologie connaissances scientifiques générales

Chacune des catégories ainsi définies est subdivisée en un certain nombre d'objectifs ; par exemple :

Expérimentation	émission d'hypothèses conception théorique du principe d'une expérience conception technique d'un dispositif expérimental exécution de l'expérience lecture et analyse des résultats interprétation et extension des résultats maîtrise de l'ensemble de la démarche

L'originalité principale du tableau complet est de donner à propos de chacun des objectifs un grand nombre d'exemples et de commentaires. La

présentation des objectifs manifeste un rejet des conceptions issues de Mager ou de Bloom. Elle repose fondamentalement sur l'analyse détaillé des activités didactiques en classe du point de vue de leur signification scientifique. Le degré de précision atteint fait qu'il s'agit bien d'une opérationnalisation.

Ce tableau, maintenant très connu en France et à l'étranger, ne comporte pas d'objectifs d'attitudes, correspondant aux attitudes scientifiques. Cette absence découle de l'incapacité de les évaluer par des épreuves-bilan.

Par la suite, les équipes des CES expérimentaux ont porté leurs efforts vers la recherche d'une pédagogie permettant de développer l'autonomie des enfants, en convergence avec les travaux anglais pour Science de 5 à 13 ans évoqués précédemment (1). La question centrale devenait : que cherche-t-on à développer à travers l'activité des élèves ? D'où de multiples tentatives (2) pour définir d'abord un noyau d'objectifs fondamentaux - le tableau apparaissant comme beaucoup trop vaste -, analyser ensuite le niveau des objectifs, les rattacher aux représentations des enfants - les objectifs de connaissance étant conçus comme la modification de leurs représentations vers les concepts scientifiques -, et enfin promouvoir les attitudes, privilégiées par certains, devant les connaissances.

Le résultat le plus intéressant de ce travail est le fichier d'autocontrôle du CES de Marly le Roi (3). Les tableaux d'objectifs débouchaient alors dans ce CES sur un "contrat d'objectifs" passé avec les élèves, laissés par ailleurs libres de leurs thèmes d'étude, mais capables de s'autoévaluer grâce à un ensemble de fiches-exercices et de fiches-réponses, au moment où ils pensent avoir atteint un des objectifs. Nous donnons ici les titres des rubriques concernant les expériences et impliquant un objectif sous-jacent :

> "- je me suis posé une question et j'ai fait la liste des hypothèses possibles
> - j'ai imaginé et j'ai fait le montage d'une expérience pour vérifier l'une des hypothèses
> - j'ai observé le résultat d'une expérience
> - j'ai interprété les résultats d'une expérience
> - j'ai critiqué la façon dont une expérience a été faite
> - j'ai rédigé au fur et à mesure toutes les étapes d'une expérience que j'ai faite."

---

(1) Voir aussi E. GREEN (Ed.) *Towards Independant Learning in Science*, Fragmore, Hart-Davis International (1976)

(2) Voir programme de recherche dans *Bulletins de la Section Biologie N°7* (1973) et 11 (1975)

(3) J.P. ASTOLFI et al, *Les exercices d'autocontrôle, biologie 6e-5e*, fichier INRP, (1974)

B) En ce qui concerne les activités d'éveil à l'école primaire, la difficulté résultant de l'établissement du tiers-temps pédagogique (1969) était la contradiction, au moins apparente, entre les finalités générales de l'éveil et la formation "disciplinaire" (avec la notion ambigüe de "discipline d'éveil") (1). La notion d'objectif permettait :

- d'orienter une pédagogie du thème ("objectifs présents à l'esprit" pour guider ou évaluer) ;
- de mettre en évidence les interactions entre développement de la personnalité et formation scientifique, les attitudes scientifiques avec leurs objectifs correspondants étant conçues commes des spécifications des attitudes générales (et des objectifs correspondants), et les acquis scientifiques (savoir et savoir faire) comme des conditions et des conséquences des activités permettant un développement des attitudes ;
- de permettre ainsi la confrontation des objectifs des différentes "disciplines" fondamentales ou d'éveil (intégration, spécificité, communauté) et donc la mise en oeuvre par le maître d'une réelle interdisciplinarité.

Dans le numéro 62 des Recherches Pédagogiques, un tableau analytique des objectifs est présenté, à titre de document provisoire (2). Par rapport au tableau pour la biologie en 6e et 5e, il présente trois différences essentielles : d'abord l'introduction des attitudes, ensuite la donnée pour chaque objectif d'une phrase qui le caractérise, et non d'une liste d'activités et de commentaires, enfin le renvoi des objectifs de connaissances aux publications ultérieures spécialisées (3). Voici la structure générale du tableau (catégories) :

---

(1) Pour un état de la question en 1971 : V. HOST, Initiation scientifique et technique dans le cadre des activités d'éveil - Définition des objectifs, in *La Recherche en Education, Contribution à la Méthodologie* (Recueil de textes), INRP, SERP (1974) p. 137-157

(2) *Recherches Pédagogiques* N°62, p. 25-34

(3) Voir annexe Ia pour le tableau en physique et technologie tiré de *Recherches Pédagogiques N°74*

Education générale	-éveil de la personnalité (curiosité, pensée critique, créativité, autonomie) -socialisation (coopération, communication, acceptation de contraintes sociales)
Maîtrise des différents langages	-situer et maîtriser les différents modes d'expression et de communication -langue maternelle -communication utilisant symboles et codes -application des mathématiques -langage audiovisuel
Méthodes de travail	-méthodes générales de travail (documentation, enquête, projet) -méthodes spécifiques de la pensée scientifique (observation, expérimentation, repérage et mesures, intégration et application de l'acquis)
Acquisition de techniques	-initiation technique générale -techniques de construction -techniques instrumentales (optique, mesure, etc) -techniques de biologie

Les publications ultérieures sur l'écologie, physique et technologie, biologie, s'appuyent toutes sur ce premier tableau avec un certain nombre de modifications qui révèlent l'évolution des préoccupations :

- Recherches Pédagogiques N°70 (1974) (1) : reprise du tableau général, conçu comme liste des objectifs de base ; adjonction d'un tableau analytique des objectifs "possibles" (éventuels) comportant des objectifs de connaissance avec leur définition ("formulation de l'objectif"), des "comportements permettant de reconnaître si l'objectif est atteint" et des exemples.

---

(1) *Recherches Pédagogiques N° 70*, p. 90-106

- Recherches Pédagogiques N° 74 (1975) (1) : reprise du tableau général, illustré de remarques sur les "actualisations de l'objectif dans les activités scientifiques" ; adjonction d'un tableau analytique des objectifs possibles, reprenant toutes les catégories d'objectifs du tableau général, avec une définition, un "comportement caractérisant différents aspects de l'objectif" et des exemples, et pour les objectifs conceptuels, une définition générale et deux définitions "analytiques" (deux niveaux) ;

- Recherches Pédagogiques N° 86 (1976) (2) : reprise du tableau général, avec des "formulations spécifiques au domaine biologique", et tableau des objectifs conceptuels, avec des formulations pour trois niveaux différents.

Ces trois publications sont illustrées par de nombreux thèmes. Les numéros suivants de Recherches Pédagogiques posent le problème de la structuration de l'acquis en physique et technologie, ainsi que des rôles respectifs des objectifs et des sujets d'étude dans l'établissement d'un planning annuel d'activités (3), et de l'évaluation, en particulier des objectifs d'attitudes (4).

On peut considérer que l'évolution des travaux de l'INRP présente une analogie importante avec celle des projets anglais Science 5-13 et Progress in Learning Science ; la différence principale est un accent plus important mis du côté anglais sur la psychologie, de l'autre sur les sciences concernées (5). Mais les travaux de l'INRP depuis dix ans ayant développé un ensemble assez vaste d'idées sur les objectifs, il est nécessaire de faire le point et d'examiner les différents aspects de la conception d'ensemble qui s'est formée peu à peu (6).

---

(1) *Recherches Pédagogiques*, N°74, p. 241-268 - voir Annexe Ia
(2) *Recherches Pédagogiques*, N°86, p. 155-175
(3) *Recherches Pédagogiques*, N°108, p. 91-134
(4) *Recherches Pédagogiques*, N°110, p. 23-80
(5) Le point de vue d'un certain nombre de membres des équipes est donné dans ASTOLFI, GIORDAN, GOHAU, HOST, MARTINAND, RUMELHARD, ZADOUNAISKY, *Quelle éducation scientifique pour quelle société ?*, PUF (1978)
(6) Cette conception, peut-être à cause du fait qu'elle s'applique à l'enseignement obligatoire et non à la formation professionnelle et universitaire, diffère de manière sensible de celle développée autour de B. SCHWARTZ, malgré un certain nombre de références communes et l'attention portée également aux disciplines et à l'interdisciplinarité. M. CHASTRETTE, M. MIGEON, B. SCHWARTZ, Formulation d'objectifs et gestion du temps, le développement d'une "école française", *L'Education Permanente*, N°53, p. 3-20 (1980)

1.2.2. LA CONCEPTION DES OBJECTIFS

Nous nous inspirons ici d'un texte rédigé par V. HOST en Février 1977, alors qu'il était responsable de la section Sciences (1).

A) Nécessité des objectifs. Quatre grands types de contraintes ont conduit à l'utilisation d'objectifs pédagogiques dans l'initiation aux sciences expérimentales :

- l'explicitation des finalités
- la mise en oeuvre d'une démarche pédagogique d'investigation autonome
- la mise en oeuvre d'une évaluation cohérente avec les finalités et la démarche pédagogique
- les besoins de la communication et de la coopération.

Nous les examinerons successivement.

a) Explicitation des finalités.

La recherche ne choisit pas forcément les finalités, mais elle se trouve devant des situations qui nécessitent l'explicitation de finalités en objectifs pédagogiques pour orienter la pratique des maîtres :

- les programmes ou les instructions donnent des finalités très générales, avec une liste stricte de thèmes d'étude. Mais quels sont les buts de ces thèmes, quelle est leur relation avec les finalités, théoriquement et dans la réalité de l'enseignement ?
- certains accordent une grande importance aux finalités d'éducation générale, de développement de la personnalité. Quel est leur lien avec les connaissances souvent factuelles et parcellaires qu'ils enseignent ?
- que faire dans les heures attribuées aux "disciplines d'éveil" (2) ?
- quelle science enseigner si l'on veut réduire les échecs scolaires, comme le voulait la recherche générale des CES expérimentaux ?

La priorité donnée aux attitudes scientifiques a été choisie comme point d'ancrage pour réaliser l'articulation des finalités générales et des acquis spécifiques, par exemple conceptuels, de la pensée scientifique.

---

(1) V. HOST, *La pédagogie par objectifs en sciences expérimentales : problématique des différents groupes de recherche,* INRP, document interne

(2) Les programmes et instructions parus en 1977 (CP), 1978 (CE) et 1980 (CM) donnent une idée beaucoup plus précise aux maîtres, s'ils ont reçu une formation suffisante pour les mettre en oeuvre.

En second lieu, l'accent est mis sur la maîtrise de méthodes et d'une structure conceptuelle fondamentale et ouverte qui permet d'accéder à une culture scientifique qui s'approprie l'environnement.

b) Mise en oeuvre d'une démarche d'investigation autonome.

Le choix d'une démarche pédagogique qui s'appuye sur l'autonomie de l'enfant dans les phases de réalisation de projet ou de résolution de problème, exige qu'on se donne les moyens de déboucher sur des compétences réelles (1). Mais différents problèmes se posent :

- il faut être capable d'exploiter une situation en classe pour orienter vers un acquis, par exemple déceler des conceptions inadéquates et les faire évoluer, suggérer des techniques de comparaison, exiger la communication de résultats... Le seul moyen est d'avoir "présent à l'esprit" une représentation des potentialités de la situation ; c'est la raison d'être d'un tableau des objectifs possibles, qui ne sont pas des objectifs intermédiaires au sens habituel de prérequis, mais des objectifs partiels intéressants du point de vue du scientifique, jalonnant un cheminement parmi d'autres.

- il faut pouvoir assurer la cohérence des acquis ponctuels d'une année scolaire, ce qui suppose des activités spécifiques qui permettent de généraliser des observations ou des expériences, de comparer avec les résultats obtenus par d'autres, d'organiser les acquis en un réseau cohérent, et par un retour sur le cheminement, de dégager les éléments de méthodes qui ont permis les acquisitions. Il s'agit d'une construction active des enfants, qui ne peut être obtenue par l'exposition d'un savoir organisé par une logique adulte (comme dans la plupart des manuels). Pour cela, il faut disposer d'un certain nombre d'objectifs de base, fondamentaux, distincts des sujets d'étude et qui orientent le choix des sujets, l'exploitation des opportunités, l'introduction de certains exercices systématiques.

- il faut enfin pouvoir assurer la cohérence de la formation par rapport à tout le vécu et le conçu. Construire un savoir structuré à partir des acquis obtenus dans des thèmes particuliers est insuffisant, il faut

---

(1) Nous préférons "investigation autonome" à "méthode de découverte" utilisée par certains anglo-saxons : L.S. SHULMAN, E.R. KEISLAR (Ed.), *La Pédagogie par la Découverte* (1966), trad. franç. ESF (1973), 181 p.

qu'il puisse être relié aux acquisitions spontanées, qu'il puisse être appliqué dans les situations de la vie, qu'il puisse être coordonné avec les acquisitions d'autres disciplines. La formulation des objectifs fondamentaux doit donc être telle qu'elle permette de situer l'apport spécifique de la discipline, et aussi ce qui, dans la discipline elle-même, renvoie aux autres.

c) Mise en oeuvre d'une évaluation cohérente avec les finalités et la démarche pédagogique.

Il s'agit ici moins de classer et sélectionner les élèves que de savoir où en sont une classe ou un élève pour établir un bilan, repérer des causes de blocage ou d'échec, proposer des performances précises. Pour cela un tableau d'objectifs hiérarchisés est indispensable. Inversement, l'analyse des difficultés de l'évaluation permet l'amélioration du tableau des objectifs et fait partie intégrante de sa construction.

Dans les recherches de l'INRP plusieurs problèmes sont apparus :

- les méthodes classiques d'évaluation, souvent employées dans les recherches de pédagogie expérimentale, dénaturent finalités et démarches. Le tableau des objectifs permet de situer et d'affirmer ce qui est acceptable ou non parmi les contrôles et les tests. Il suscite la mise au point de nouveaux instruments et procédures nécessaires pour rendre objectives les évaluations, par exemple avec les attitudes.

- l'utilisation d'objectifs de comportements conduit à une pulvérisation de performances élémentaires. On confond ainsi un objectif et un indicateur ; or l'objectif est le point de convergence, puis le centre d'où procèdent les comportements élémentaires, suivant les situations et le développement de l'enfant (1). La formulation de l'objectif doit donc se situer au niveau d'intégration qui lui donne un sens du triple point de vue des activités scientifiques, des processus psychologiques et des interactions pédagogiques.

d) Besoins de la communication et de la coopération.

Un tableau d'objectifs ainsi conçu est un instrument nécessaire de dialogue entre maîtres d'une même discipline, de disciplines différentes,

---

(1) D'après une remarque de G. BERGER, Colloque sur la Recherche en Pédagogie de la Biologie au cours de la Scolarité Obligatoire, Mars 1975, in *Bull. Section Sciences Naturelles N°12,* INRP, p. 30 (1976)

avec les élèves et avec l'extérieur :

- dans la conception ainsi développée, le tableau est la production d'un groupe de maîtres qui font un effort d'analyse et de formulation indispensable à la cohérence de leur enseignement et à la confrontation de leurs bilans, par exemple pour le passage d'une classe à une autre.

- on a vu que les objectifs d'une discipline ne se définissent pas tous à l'intérieur de la discipline, comme par exemple le mesurage, ou des aspects du concept d'espace, ou plus encore des attitudes. Inversement, le tableau permet le dialogue interdisciplinaire, fondamental si des adultes, formés aux disciplines, doivent réaliser une pédagogie globale avec des enfants qui n'ont pas encore opéré de différenciations.

- l'effort d'explicitation débouche sur la prise en charge par les élèves des objectifs, c'est-à-dire la "négociation" d'un "contrat d'objectifs" qui peut devenir la base permanente de l'autonomie dans le curriculum. C'est pour les élèves une meilleure représentation des exigences dans la discipline, que ce qu'ils ont pu inférer des contrôles traditionnels.

- enfin, le tableau, devenu contrat, est une base pour ouvrir l'école en fonction des possibilités et des besoins internes et externes.

B) Construction d'un tableau. Dans une telle conception, il n'existe pas de tableau définitif des objectifs, mais des instruments temporaires qui doivent être adaptés. L'effort de caractérisation est donc permanent. Deux problèmes fondamentaux sont apparus à cette occasion :

- comment mettre en rapport la pratique de la classe et l'élaboration théorique ?

- comment arriver à un ensemble satisfaisant d'objectifs notionnels ?

a) Pratique de la classe et élaboration théorique.

Les travaux de l'INRP sont partis d'abord de l'analyse des situations de classe, s'appuyant sur tout un ensemble d'innovations à l'école primaire et dans les CES. La pratique de la classe n'est donc pas l'expérimentation de conceptions a priori, mais la base ; l'élaboration théorique s'efforçant d'expliciter les objectifs implicites, de faire apparaître des besoins non couverts ou des possibilités non réalisées. La construction du tableau vise à adapter la caractérisation des objectifs aux contraintes de la situation (maître, école, société), au développement de la science, aux

besoins des enfants.

Plusieurs "dimensions" sont prises en compte dans l'élaboration :

- l'analyse épistémologique des activités scientifiques. Elle est fondamentale et loin d'être achevée. Il s'agit en effet non seulement de savoir ce qu'est l'activité scientifique dans la science qui se fait, mais de construire le tableau analytique des activités à un niveau donné, dans tous ses aspects (attitudes, démarches, productions, fonctions). Qu'est ce que le mesurage au Cycle moyen par exemple ? Ce travail demande la participation de spécialistes de la discipline, seuls capables d'assumer des décisions dans ce domaine.

- l'analyse des besoins des enfants et de la société. Laisser les objectifs et les contenus aux mains des seuls scientifiques est dangereux : il faut prendre en compte de nombreux autres aspects sociaux qui demandent débat dans et hors l'école.

- les apports de la psychologie génétique et cognitive. Ils aident à trouver les niveaux compatibles avec le développement de l'enfant, suggèrent les sources de certaines difficultés ou des modalités de facilitation, qui demandent d'ailleurs à être contrôlés dans les conditions de la classe.

b) Difficultés des objectifs notionnels.

La caractérisation des objectifs de connaissance a fait apparaître trois types de difficultés sur lesquelles la recherche actuelle porte ses efforts :

- définir des niveaux formulation. L'image du développement en spirale ou par emboîtements successifs est certes meilleure que celle d'une avancée rectilinéaire, mais elle masque les réorganisations que subissent les réseaux de concepts et le déplacement des problèmes lorsqu'il y a progression du savoir. La psychologie génétique ne donne pas beaucoup de renseignements pour élaborer des structures propres à un niveau donné, et les rapports entre niveaux. C'est pourtant une des conditions de réussite pour un programme que d'opérer la construction complète d'une structure à un niveau et de guider le passage d'un niveau à un autre : pour des raisons de développement intellectuel de l'enfant, mais aussi pour des raisons d'applications pratiques.

- adapter les structures proposées aux structures intellectuelles de l'enfant. Il est nécessaire de connaître les représentations, les capacités

logiques, pour construire des objectifs qui cherchent à les faire progresser en leur faisant franchir les obstacles décelés.

- analyser le rôle et le mode de construction des concepts "méthodologiques", comme "système, ou "interaction", "conservation", "fonction technique", qui orientent les investigations et l'invention.

Comme on peut le constater, le thème des objectifs ne recouvre pas toutes les recherches de la Section Sciences de l'INRP, mais il a occupé de manière évidente une position charnière, reflétant et répercutant toutes les évolutions (1).

Pour concrétiser cet aperçu abstrait, nous présenterons maintenant trois exemples de caractérisation d'objectifs, auxquels nous avons plus directement participé en tant que coordinateur ou responsable de recherche.

1.2.3. OBJECTIFS POUR L'EVEIL PHYSIQUE ET TECHNOLOGIQUE

A) Le tableau d'objectifs pour les activités d'éveil en physique et en technologie (2) illustre la conception des objectifs exposée précédemment, avec deux grandes parties (annexe Ia) :

- spécification des objectifs généraux aux activités d'éveil physiques et technologiques
- tableau analytique des objectifs possibles.

Trois problèmes se sont posés à nous lors de la rédaction de ce tableau, en plus des résistances et difficultés générales à l'introduction de la physique et de la technologie à l'école élémentaire (et auxquelles le tableau apportait par son existence une réponse) (3) :

- nous n'avons pas pu présenter un tableau des objectifs de base (ou des objectifs "souhaitables") ; l'état de l'innovation et de la recherche à

---

(1) Ces recherches ont trouvé un de leurs points d'applications principaux dans les formulations des objectifs pour les sciences expérimentales (physique-technologie-biologie) du CM (*Contenus de formation à l'école élémentaire, Cycle Moyen*, CNDP, 1980, p. 79-92). Lorsqu'on compare ces textes à ceux du CP et du CE, ou à ceux des collèges, on constate l'effort très important de précision et de clarté qui en fait un des rares textes officiels de ce type, à la fois intéressant et accessible ; la participation des membres des équipes de recherche INRP à leur rédaction n'est sans doute pas étrangère à ce résultat.

(2) *Recherches Pédagogiques N° 74* (1975) p. 242-268

(3) J.L. MARTINAND, Acquis et perspectives de la recherche sur les activités d'éveil en physique et technologie, article cité, p. 113-116.

l'époque ne permettait qu'un inventaire des objectifs possibles, bien que nous disposions de comptes rendus d'innovations couvrant tous les domaines.

- la distinction de deux niveaux pour les objectifs de connaissance est très embryonnaire, s'appuyant sur les connaissances psychogénétiques (en gros les deux sous-stades des opérations concrètes), les considérations de complexité logique et d'accessibilité empirique, et l'expérience des maîtres. Mais elle devrait faire l'objet d'un travail systématique beaucoup plus approfondi, théorique et empirique,pour être validée.

- l'adaptation du tableau des précédents Recherches Pédagogiques, principalement rédigé par des biologistes, n'allait pas de soi, en ce qui concerne les méthodes et les connaissances. On sous-estime les spécificités des méthodes "expérimentales" de la physique, avec l'utilisation systématique de grandeurs bien connues alors que les autres sciences "importent" les grandeurs physiques ou utilisent des variables mal définies : où sont en réalité les hypothèses en physique et comment s'expriment-elles, par exemple ? D'autre part, le réseau conceptuel de la physique est extrêmement complexe, et la rédaction de 1975 ne représente qu'une première approximation dans le "débrouillage" de cette structure.

La classification des objectifs de connaissance partage "concepts physiques, définis (en général) par une relation causale" et "concepts technologiques, définis par la fonction". Dans les comptes rendus de thèmes, les différences ne sont sans doute pas si nettes ; et la plupart des concepts apparaissent dans un contexte technique pour assurer l'efficacité de l'action : l'exemple le plus net est celui des circuits électriques. Une amélioration du tableau consisterait à suivre ces passages d'un premier niveau "fonctionnel" pratique, organisé par la considération des fonctions techniques, à un niveau relationnel causal (telle cause - objet ou variable - donne tel effet), puis un second niveau "fonctionnel", caractérisé par l'expression de lois physiques, en général inaccessible ici. Cela briserait sans doute les domaines traditionnels (électricité, états de la matière, chaleur et température, etc) que nous avions gardés ici et conduirait à de profondes réorganisations des champs d'investigation.

Tel quel, ce tableau a cependant fourni une aide appréciable à l'éveil scientifique à l'école primaire et lors de l'introduction des sciences physiques en 6e.

B) Le second exemple (annexe Ib) est un texte rédigé pour une commission sur l'éducation manuelle et technique réunie par le Ministre au printemps 1975, dans le cadre du projet de réforme du système éducatif. Le but était d'expliciter un certain nombre de finalités générales en capacités et attitudes plus précises afin de favoriser le dialogue qui risquait d'être difficile entre professeurs de travaux manuels, professeurs de "technologie" et professeurs de sciences naturelles.

Il s'agissait pour cela, d'une part d'utiliser un mode de présentation assez général mais analytique, d'autre part d'explorer dans le langage des objectifs toutes les possibilités des activités techniques, lorsqu'elles ne sont pas coupées de l'initiation scientifique (1).

C) Le dernier exemple (annexe Ic) est un extrait du rapport de recherche (2) sur les activités d'éveil en physique et technologie et leurs relations avec les apprentissages en français et mathématiques. Ici encore, l'analyse des objectifs possibles est une condition du dialogue interdisciplinaire.

Les difficultés étaient les mêmes que dans le premier exemple (Recherches Pédagogiques n°74), mais encore plus graves : il n'y avait jamais rien eu, même des leçons de choses, en physique et technologie au CP. Notre travail a consisté à essayer d'obtenir des maîtresses qu'elles engagent des activités physiques ou techniques et à voir la signification scientifique des résultats obtenus.

Il n'était pas question ici de présenter un tableau, vu le manque d'informations recueillies, mais d'opérer un premier inventaire des acquis scientifiques et technologiques possibles, en vue de définir ultérieurement le contenu de ce premier niveau.

---

(1) Cet aspect est développé dans : J.L. MARTINAND, Quelques idées pour une initiation technologique, in *Recherche, Pédagogie et Culture, N° 38* (1978), p. 64-70

(2) V. HOST et J.L. MARTINAND, *Effets de l'introduction des activités d'éveil physico-technologiques sur les apprentissages instrumentaux au Cycle Préparatoire,* ENS Fontenay, INRP (1979), rapport multigraphié. Recherche effectuée à la demande de la Direction des Ecoles, sur contrat du Ministère des Universités.

1.3. LES TRAVAUX DU GTCREP ET DU LIRESPT

1.3.1. LES MODULES D'INITIATION AUX SCIENCES ET TECHNIQUES

Les travaux du Groupe de Travail de la Commission de Rénovation de l'Enseignement de la Physique, devenu ensuite Laboratoire Interuniversitaire de Recherches sur l'Enseignement des Sciences Physiques et de la Technologie, ont commencé en 1971. A cette date, une commission ministérielle présidée par A. LAGARRIGUE et composée de membres de l'enseignement supérieur, d'inspecteurs généraux, de professeurs du second degré, reçut pour mission, pour ce qui concerne les collèges, de :

"- préciser les buts poursuivis par l'enseignement de la technologie pour les classes de 4e et 3e, dont il est rappelé qu'il figure dans la liste des "disciplines fondamentales" ;

- établir les programmes correspondants ;

- rédiger les instructions et commentaires devant faciliter, pour les professeurs, l'enseignement de cette nouvelle discipline"(1).

Pour mener à bien cette mission avec des études approfondies, le GTCREP s'orienta d'abord vers la conception et l'essai de projets de curriculums sur des thèmes assez vastes pouvant faire l'objet d'un trimestre d'activités, les modules, dont deux "générations" se sont succédées (première génération à partir de 1971 : astronomie, électronique, chimie ; seconde génération à partir de 1972 : photographie, automatismes, polymères, techniques de fabrication mécaniques; un huitième module, énergie est venu se joindre plus tard) (2).

On peut donner la définition suivante d'un module : "un module est une unité d'enseignement construite autour d'une science ou d'une technique particulière (on peut aussi parler de centre d'intérêt). Il est conçu en vue d'une expérimentation qui couvre environ 30 heures d'enseignement au niveau 4e et 3e. Un module n'est pas un projet de programme. Il forme un tout cohérent qui devra éventuellement se refondre dans un ensemble plus vaste

---

(1) Les deux autres missions étaient la proposition de nouveaux programmes du second cycle et d'indications sur la formation des maîtres. Directives de M. O. Guichard, Ministre de l'Education Nationale, *Bulletin de l'Union des Physiciens* N° 597 (1977), p. 7-9

(2) G. DELACOTE, De l'innovation à la réforme, *Bulletin de l'Union des Physiciens N° 597,* (1977) p. 140-169 ; Sur les modules, p. 144-164

qui serait une structure de programme, où les aspects de continuité, d'objectifs généraux, de temps total nécessaire, d'organisation optionnelle, de travail par projets, deviendront alors essentiels" (1).

A) Modules et "travail par objectifs". La question des objectifs et de la pédagogie par objectifs a été posée dès les débuts des essais de modules, de plusieurs manières différentes :

- comme critique de l'enseignement précédent, dont le contenu scientifique et technique était jugé pauvre devant les développements modernes, et dont les buts n'étaient pas "pensés au niveau des élèves, mais en termes d'adultes","sans se préoccuper d'analyser les interactions entre l'élève et le réel", et finalement sans que le maître ait "conscience de son comportement pédagogique" (2) ;

- comme présentation nécessaire des concepts fondamentaux rattachés à chaque thème, les domaines étant abordés de manière globale et interdisciplinaire, en dehors des traditions de programmes avec leurs niveaux et leurs organisations implicites mais reproductibles ;

- comme composante d'une nouvelle pratique pédagogique s'inspirant des tendances de la "pédagogie par objectifs".

Le compte-rendu d'une commission réunie à ce sujet lors du stage de Sèvres tenu en mai 1974 avec les professeurs expérimentateurs des premiers modules, retrace l'évolution des conceptions (3). L'idée essentielle est que si on peut penser choisir préalablement les buts et objectifs et déterminer à la suite les contenus et démarches, "dans la pratique, la réflexion sur un enseignement par objectifs consiste souvent à commencer par une analyse a posteriori de la nature des contrôles... il devient ensuite possible progressivement de maîtriser les contrôles en les adaptant aux objectifs à évaluer, puis dans un troisième temps, le plus difficile, d'adapter l'enseignement à des objectifs qu'on se propose a priori" (4).

---

(1) Présentation, *Bulletin de Liaison du GTCREP, N°1* (1975) p. 1
(2) G. DELACOTE, *Rapport d'Orientation pour la Création d'une ERA*, document multigraphié, LIRESPT (1973)
(3) A. TIBERGHIEN, G. DELACOTE, Rapport du Groupe de Réflexion sur le Travail par Objectifs, *Bulletin de Liaison du GTCREP N°1* (1975) p. 63-68
(4) Article cité p. 63.

Lors de la première année d'essai, des "grilles" avaient été proposées aux expérimentateurs dans chacun des modules : astronomie, électronique et chimie. Elles étaient des adaptations assez étroites du tableau des objectifs de la biologie en 6e et 5e qui venait de paraître (1). Elles comportaient un grand nombre d'objectifs de connaissances, de méthodes, de savoir-faire et d'attitudes. Dans le meilleur des cas, elles n'ont été utilisées que de manière très formelle, pour faire le compte rendu des séances dans les "journaux de bord", sans qu'on puisse être sûr qu'elles aient aidé les enseignants à préciser leurs observations. Par la suite, certains expérimentateurs ont pu réaliser des ébauches d'évaluation sur un nombre très limité d'objectifs en rapport direct avec le thème de chaque séance, surtout en électronique.

Il se dégage de cette expérience trois enseignements :

- les objectifs doivent être peu nombreux (une dizaine), répartis dans trois grands domaines (attitudes, méthodes et savoir-faire, concepts), explicités par des énoncés, et illustrés par des descriptions de comportements d'enfants ;

- ils doivent être définis et illustrés par les expérimentateurs eux-mêmes, non par les concepteurs seuls ; a fortiori une "importation" est rejetée sans appel ;

- ils doivent être liés aux contrôles, ou plus généralement au processus d'évaluation. La suite du rapport du groupe de réflexion proposait à partir de quatre types de contrôle :

. observation des enfants en classe,
. résolution de problèmes expérimentaux,
. questions à réponses écrites,
. expression orale,

une liste des "principales capacités testées" adaptable à chaque module.

B) Listes d'objectifs des modules. Dans la pratique, chaque module étant élaboré de manière indépendante par ses concepteurs (deux ou trois personnes) et ses expérimentateurs, la position qui en résulte vis-à-vis des objectifs est très diverse et reflète principalement les options des concepteurs. Quelques exemples donnés ci-dessous le montreront (2).

---

(1) Chapitre précédent

(2) Pour un ensemble plus complet, G. DELACOTE, De l'Innovation à la Réforme, *Bull. Union des Physiciens, N° 597,* (1977) p. 150-161.

a) Les modules de chimie n'adoptent pratiquement pas le point de vue des ojectifs pédagogiques. Ainsi les "objectifs" du module polymères sont présentés de la manière suivante :

> "Les objectifs principaux particuliers à ce module sont les suivants :
> 1. Les objectifs scientifiques : une approche de la structure de la matière et de la réaction chimique à partir de produits d'usage courant et un commencement d'introduction des relations structures-propriétés ;
> 2. Les objectifs pédagogiques : 1) une interdisciplinarité très étroite entre sciences physiques - sciences biologiques - technologie
> 2) une grande souplesse pédagogique pour relier les grandes idées scientifiques du module :
> - reconnaissance des polymères (aspects, flamme, fusion, solubilité)
> - analyse et synthèse (avec comme conséquence la structure particulaire de la matière), polymérisation et dépolymérisation
> - relations propriétés-applications technologiques
> - enquête - constitution de fichiers
> 3) et 4)...."

Ici les "objectifs" sont des intentions générales du maître à propos du domaine conceptuel, et des activités. Il faut cependant signaler qu'une équipe d'expérimentateurs d'Orléans a procédé à partir de ce module à la définition d'objectifs opérationnels (1).

A l'inverse, le module "automatisme" cherche à développer un travail indépendant avec résolution de problèmes simples sur "panneaux", automatisations complexes, sur maquettes méccano, et dossier d'autocontrôle. Les objectifs concernent bien les élèves, et peuvent jouer un rôle important pour ceux-ci, si les expérimentateurs organisent des activités réellement autonomes.

Les catégories principales sont les suivantes :

1) objectifs d'attitudes :

1. Autonomie. 2. Habileté manuelle. 3. Ouverture sur le monde extérieur. 4. Imagination créatrice.

2) Objectifs méthodologiques :

1. Capacité à classer des informations. 2. Capacité à les retrouver. 3. Capacité à les réutiliser. 4. Capacité à les transférer dans une situation nouvelle. 5. Représentation codée de situations concrètes (schéma

---

(1) Groupe PREFA, *Recherche et Utilisation d'Objectifs Pédagogiques à propos du module "Polymères et Matières Plastiques"*, Orléans, IREM-CRDP (1979). On peut cependant se demander s'il ne s'agit pas d'une subversion du module et de sa conception souple, globale et multiforme.

normalisé, table de vérité, diagramme de phase). 6. Passage de la représentation codée à la situation concrète logique. 7. Programmation : codage et décodage. 8. Faculté de raisonner sur une situation concrète mais complexe, dégager la logique non codée.

3) Objectifs conceptuels :

1. Notion de circuit. 2. Capteurs (à galet, bouton-poussoir NO-NF, interrupteur à levier, cellule photo-résistante). 3. Relais. 4. Circuit "mémoire" à relais. 5. Numérotation binaire. 6. Fonctions logiques OUI-NON, ET-OU. 7. Table de vérité. 8. Diagramme des phases.

On constate qu'ici les propositions du "groupe de réflexion" de 1974 sont mises en oeuvre de manière conséquente.

b) Deux modules ont accordé au problème des objectifs une place importante : électronique et photographie (1). Tout en s'efforçant de préciser et d'adapter à leurs domaines les objectifs d'attitudes, de méthodes et savoir-faire (en particulier pour l'expérimentation), ils ont été l'occasion d'un important travail sur les objectifs de connaissances.

Dans le module "électronique", les objectifs notionnels proposés sont : circuit, courant, sens du courant, conservation du courant, intensité du courant, loi des noeuds, tension, amplification, saturation du transistor (2). Pour chacun de ces objectifs figure un "énoncé de la connaissance", les leçons où elle apparaît plus particulièrement, le moment où elle semble acquise d'après les résultats des essais et les observations faites à ce propos par les expérimentateurs. Les objectifs principaux (courant et tension) font l'objet d'une analyse approfondie pour les définir et situer le niveau auquel l'enseignement doit se placer.

Dans le module "photographie", sont proposés les concepts : lumière (agent de transformation chimique), image latente (facultatif), image (reproduction point par point de l'objet), quantité de lumière (produit d'un flux par un temps), et un certain nombre de connaissances : 1) de photochimie sur la structure de la pellicule, le rôle du révélateur, le rôle du fixateur ; 2) d'optique géométrique sur la propagation rectiligne, le renvoi de lumière par les objets, la reproduction par un trou, l'image réelle donnée par une

---

(1) Le cas de techniques de fabrication mécaniques sera abordé en détail dans la deuxième et la troisième partie.

(2) *Electronique, livre du professeur,* LIRESPT, s.d., p. 9-37

lentille convergente, la profondeur de champ ;

3) sur le flux lumineux ;

4) sur les techniques photographiques (indications des appareils) (1).

Pour chacun des objectifs sont donnés une définition et des renvois à des exemples de "mise en oeuvre". L'originalité principale est que l'ensemble des connaissances optiques peut s'organiser en un "modèle d'interprétation des images réelles" qui a été élaboré de manière explicite. Il s'agit du modèle suffisant le plus simple pour expliquer le fonctionnement de l'appareil photographique, sans passer par les exposés de l'optique traditionnelle.

Dans le cas de ces deux modules, on constate que l'effort d'analyse, d'explicitation et de justification du contenu conceptuel, a débouché sur une formulation en termes d'objectifs. Cela rappelle les unités de Kiel évoquées précédemment, mais les objectifs sont moins étroits et moins liés à une programmation définie à l'avance de manière extrêmement minutieuse et normative.

1.3.2. LES UNITES D'INITIATION AUX SCIENCES PHYSIQUES

Après 1973, lorsqu'est apparue l'éventualité de l'introduction des sciences physiques à partir de la 6e, un dispositif d'innovation rapide a été organisé, autour de neuf unités : astronomie, météorologie, propriétés mécaniques des matériaux, chimie, circuits électriques, représentation de l'espace habité, en 6e et les systèmes dans l'habitat, lumière, statistiques et mesures en 5e (2).

Les comptes rendus donnent très peu d'importance aux objectifs (3). Seule l'unité sur la météorologie présente un tableau succinct suivant le classement utilisé dans certains modules (objectifs méthodologiques, objectifs d'attitudes, objectifs de savoir-faire généraux, objectifs spécifiques de connaissance et de savoir-faire). On peut penser que l'essai rapide n'a pas permis d'approfondir cet aspect, se limitant à préparer un contenu (notions et manipulations) et de voir "comment il passait".

---

(1) M. BARBOUX, E. GUESNE, *Module photographie, document maître,* 2e ed. LIRESPT s.d. p. 5-27

(2) Propriétés mécaniques des matériaux fera l'objet du dernier chapitre de la seconde partie

(3) Comptes rendus des expérimentations en 6e (météorologie, espèces chimiques, la représentation de l'espace habité, circuits électriques), *Bull. de liaison du LIRESPT, N°3* s.d., p. 11-81.

Par contre, on retrouve le point de vue des objectifs dans le guide du maître circuits électriques (1). Mais ici l'expérience acquise était importante, couvrant l'école primaire (2) et le collège (avec l'électronique) : elle s'appuye sur l'essai de multiples contenus et déroulements ; elle intègre des études spécifiques sur les conceptions spontanées des enfants, des évaluations sur les résultats d'enseignement.

On peut tirer de cette phase de la vie du LIRESPT la conclusion suivante : la question des objectifs n'est pas première dans une innovation portant sur les contenus en physique et technologie. Par contre, comme lors des travaux de l'INRP sur l'initiation physique et technologique, elle apparaît comme une composante nécessaire à la cohérence, à un certain moment de développement et d'approfondissement : définition du niveau, rapport entre contenu et démarche pédagogique, évaluation (3).

Les recherches ultérieures sur l'apprentissage de notions physiques, qui ne s'inscrivent plus dans une perspective de curriculum, mais poursuivent cet effort d'approfondissement de l'observation font de même intervenir les objectifs comme condition de cohérence entre la préparation de l'"objet d'observation" (un apprentissage sur la lumière, les combustions et un modèle particulaire, l'état gazeux et la pression, la chaleur) et l'observation elle-même : ils explicitent du point de vue épistémologique et pédagogique la signification des interventions didactiques et permettent de les relier aux comportements comme indicateurs des conceptions spontanées ou construites.

1.3.3. LES MANUELS LIBRES PARCOURS

Nous étudierons enfin la place des objectifs dans les guides du maître de la collection Libres Parcours, élaborés par des équipes du LIRESPT de

---

(1) *Circuits électriques,* LIRESPT, mars 1978

(2) A. TIBERGHIEN, *Initiation aux circuits électriques simples*, CDPP La Rochelle
A. TIBERGHIEN, G. DELACOTE, Manipulations et représentations de circuits électriques simples par des enfants de 7 à 12 ans, *Revue Française de Pédagogie,* 34 (1976), p. 32-44.

(3) On peut rattacher à cette phase le "projet de contenu pour l'enseignement des sciences physiques en classes de 6e et 5e" (propositions de la Commission Lagarrigue du 19.3.76 - fiches documentaires n° 1, 1977, CNDP p. 4-8), où sont présentés les objectifs principaux (méthodologie, attitudes, savoir-faire et connaissance). En fait les connaissances ("contenus") sont présentées de manière hybride, selon le point de vue traditionnel des programmes ("étude de..., notion de") faisant ressortir des thèmes d'étude avec les idées essentielles.

1976 à 1980 (1). Fondée sur une analyse des fonctions des documents dans leurs rapports aux activités manipulatoires dans l'initiation aux sciences physiques, la structure résolument novatrice des manuels pour les élèves, brisant avec l'exposé linéaire habituel pour fournir des instruments d'activités documentaires (documents de travail, activités, encyclopédie) rendait nécessaire un important guide pour les enseignants (2).

L'organisation du manuel, destinée à empêcher toute imposition d'une progression unique aux enseignants, et permettant une étude par thèmes, avec des regroupements variés de sous-thèmes, et dans chaque séance une répartition libre des activités de manipulation, de documentation et de réflexion, implique que les maîtres se servent d'objectifs pédagogiques, au moins pour préparer les déroulements, et pour choisir les contrôles. En réalité, les guides des différents niveaux ne se présentent pas de la même manière sur ce point.

A) Le livre du professeur de 6e offre dans la partie "comment organiser son enseignement", un chapitre sur les objectifs, un chapitre sur "contrôles et enseignement par objectifs" et un chapitre "l'organisation annuelle", avec des exemples de progressions (3). Un exemple de progression "leçon par leçon" présente un tableau des activités avec les objectifs correspondants, connaissances et savoir-faire d'une part, méthodes et attitudes d'autre part, tirés de la liste générale présentée dans le premier chapitre. De même, un exemple de progression "par thèmes" présente deux tableaux de correspondance objectifs de connaissances/thèmes et objectifs de savoir-faire/thèmes.

Le chapitre sur les objectifs, dont nous avions la responsabilité, est donné dans l'annexe Id. La formulation en est succincte et assez générale. Il s'agissait d'inciter les enseignants à "penser en termes d'objectifs", au moment où c'était un peu la "mode officielle", mais d'une manière "honnête" bien qu'incomplètement opérationnelle (4). Les objectifs devaient

---

(1) *Sciences Physiques,* collection Libres Parcours, Hachette. Chaque niveau, 6e, 5e, 4e, 3e comporte un manuel élève et un livre du professeur

(2) J.L. MARTINAND, Les documents dans l'initiation aux sciences physiques, *Bulletin de Liaison du LIRESPT N°4,* s.d. p. 87-104

(3) livre cité p. 18-65

(4) Sciences expérimentales, classes des collèges, horaires, programmes, instructions, CNDP (1979) p. 15-20 et p. 35-39.

d'autre part être conformes aux programmes et aux instructions, et montrer la spécificité des acquis possibles à ce niveau, différents des exigences sur les mêmes sujets dans les classes supérieures. Dans son contenu et dans sa forme, le chapitre tenait compte de la double expérience des travaux de l'INRP et du LIRESPT, en cherchant à la transmettre à un public neuf, qu'on engageait à préciser ses propres formulations.

Le livre du professeur de 6e développe donc une conception d'ensemble du travail par objectifs.

B) Dans le livre pour la 5e, il n'y a plus de tableau d'ensemble des objectifs. Seul le chapitre sur les contrôles s'efforce de préciser les objectifs correspondants (1). Cependant des réflexions rapides sur le choix des manipulations et sur le degré de formalisation et de modélisation des notions débouchent sur des propositions d'objectifs.

Les livres de 4e et 3e donnent toujours une formulation des objectifs pour les contrôles proposés. On trouve aussi des tableaux de correspondance objectifs-activités pour certaines parties du programme (électricité 4e, chimie et mécanique de 3e). De plus, les parties du programme qui ont fait l'objet d'essais anciens, comme électricité, lumière et chimie en 4e, chimie et énergie en 3e, font l'objet de propositions d'objectifs particuliers caractérisés de manière plus précise, pour expliciter les choix d'activités et les objets des contrôles. On peut considérer ici que l'emploi du point de vue des objectifs a atteint un état d'équilibre et s'harmonise avec les autres préoccupations - informations pratiques, compléments scientifiques, propositions pédagogiques - mais n'apparaît plus de manière autonome.

Deux conséquences en découlent : d'une part le lien entre objectifs et activités se resserre, entraînant un repliement sur les objectifs de connaissances (celles-ci étant plus ponctuelles), les objectifs de savoir-faire et de certaines méthodes, un abandon des objectifs d'attitudes, et la tendance à une certaine confusion entre objectifs et activités ; d'autre part, les objectifs n'apparaissent plus comme un moyen de prendre du recul par rapport aux domaines d'études et aux démarches, mais comme un instrument pour expliciter et préciser des choix d'activités et de contrôles. Ils deviennent peu à peu une forme d'expression condensée et opératoire des contenus didactiques, rapportés aux élèves.

---

(1) Livre cité p. 114-134

Comme on a pu s'en rendre compte, la conception des objectifs telle qu'elle a réellement été mise en oeuvre dans les travaux du LIRESPT a beaucoup évolué, et montre une grande variété selon les personnalités des promoteurs. De manière générale, on peut cependant dire que les objectifs se rattachent plus à l'étude du contenu notionnel qu'au choix de démarches pédagogiques axées sur le développement général de l'élève.

1.4. ORIENTATION

Dans le chapitre sur les travaux de l'INRP, une conception d'ensemble des objectifs a été exposée, telle qu'elle résulte de l'élaboration collective et progressive fondée sur le double apport de la réflexion épistémologique et psychopédagogique, et de l'expérience de l'innovation didactique. Nous adhérons à cette conception que nous avons contribué à développer et à mettre en oeuvre pour l'initiation physique et technologique.

Par ailleurs, nous avons montré la parenté des problèmes et la diversité des solutions apportées lorsqu'on réfère les travaux du LIRESPT à cette conception. Par exemple, on a pu reconnaître, alternativement, ou parallèlement, les deux grandes tendances illustrées par les objectifs des projets anglais Science 5-13 et allemand de Kiel : développement général de la personnalité ou formation de compétences spécifiques. Sans doute, touche-t-on ici à une difficulté fondamentale des objectifs dans les curriculums.

Mais, au terme de ce parcours rapide à travers le thème des objectifs, nous voudrions détacher quelques aspects essentiels et dégager les perpectives adoptées pour la suite de notre travail.

A) Le point de vue de l'appropriation. Nous nous plaçons du point de vue de l'appropriation des savoirs et des savoir-faire scientifiques et techniques. Cela signifie pour nous plusieurs choses.

Il s'agit d'abord, avec l'idée d'appropriation, de placer le problème du côté de celui qui accède au savoir ou au savoir-faire, qui l'utilise. On rejoint ainsi l'idée force de l'opérationnalisation : qu'est-ce que celui qui apprend pourra faire. Mais on s'intéresse aussi à la question de connaître son point de départ, dispositions, conceptions ou compétences initiales et les cheminements qui permettent le progrès. Du point de vue psychologique, la notion d'appropriation correspond à un refus d'orienter a priori la didactique selon les conceptions cognitivistes trop exclusives des théories de la construction (du type Piaget) et des théories de la réception (du type Ausubel) des connaissances, et aussi d'écarter des conceptions étroitement comportementalistes (du type Mager) ; l'expérience de l'enseignement montre en effet, le caractère trop unilatéral de ces options dans la construction des curriculums.

Ensuite, l'idée d'appropriation engage à prendre en considération l'ensemble des activités concernées, avec tous leurs aspects. Il s'agit donc de ne pas couper les connaissances partielles et les savoir-faire limités des compétences plus globales dans lesquelles ils s'intégrent avec des mé-

thodes, des instruments matériels ou symboliques pour donner leur efficacité aux activités réelles de recherche, d'apprentissage, de réalisation de projet ou de délibération collective. Il s'agit aussi de ne pas les isoler des attitudes qui les orientent et sans lesquelles ils ne s'investiraient pas. L'intérêt psychologique porté à l'élève doit donc être combiné à l'analyse épistémologique des contenus.

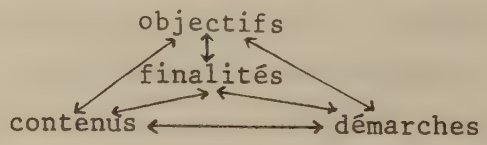
Enfin, l'idée d'appropriation incite à ne pas restreindre le problème à celui de l'accès individuel aux compétences cognitives et pratiques, mais de les replacer dans leur contexte et leur signification sociaux : rapport au pouvoir politique et économique, à la division technique et sociale du travail, à l'hégémonie culturelle. Toute formation scientifique et technique, même au niveau d'une première initiation, est aussi une composante d'un processus de socialisation, c'est-à-dire d'intégration et de différenciation sociales qu'il faut prendre en compte d'un point de vue sociologique.

Sans doute, tous ces aspects n'ont-ils pas la même importance suivant les cas. Mais ils sont nécessaires à une discussion complète des objectifs généraux et des objectifs spécifiques.

B) La notion d'objectif possible. Les objectifs se distinguent des sujets d'étude, et des activités qui peuvent être mises en oeuvre sur un sujet : à une activité peuvent correspondre différents objectifs et un objectif peut être poursuivi à travers différentes activités. Cette différenciation est la raison fondamentale de la fécondité de l'explicitation des objectifs : elle permet en effet de "jouer" sur les objectifs et les activités, comme la différenciation entre fonction technique et organe est un instrument d'invention grâce à la libération qu'il permet par rapport aux réalisations et usages habituels.

Dans la littérature, on en conclut souvent que le choix et la définition des objectifs sont premiers, et qu'ensuite, il en découle les choix de contenus, d'activités.

La réalité des curriculums est moins simple. Souvent, certains choix de contenus sont imposés, et les objectifs ne font que les expliciter, les préciser, ou les ouvrir ; ou bien, un choix de démarche pédagogique, effectué préalablement pour des raisons de finalités générales, va imposer certains objectifs de manière privilégiée. Il y a donc en réalité des interactions:



Aussi partageons-nous l'opinion de D'hainaut : "l'interaction des méthodes et des objectifs est un problème difficile et complexe qui est loin d'être élucidé et qui devrait faire l'objet d'un effort prioritaire de recherche pédagogique".(1)

Dans ces conditions, l'effort d'explicitation qui part d'un des élément ou s'appuye, à un moment donné, sur un nombre limité d'entre eux, ne débouche que sur des objectifs possibles. Cela ne veut pas dire qu'ils ne sont pas des aides importantes à la décision car ils font apparaître selon les points de vue épistémologique, psychologique et didactique, des relations potentielles, des virtualités d'une situation, mais ils faut les distinguer des objectifs souhaitables ou obligatoires, qui résultent de l'intégration d'un certain nombre d'entre eux.

Cette distinction n'apparaît pas dans les travaux liés à l'enseignement programmé, où la différence essentielle est faite entre les objectifs terminaux et les objectifs intermédiaires, tout aussi obligatoires en tant que prérequis. Elle nous semble essentielle dans une pédagogie du projet et de l'investigation autonome, si l'on veut continuer à donner aux maîtres des outils analytiques d'évaluation et d'intervention.

La question fondamentale qui se pose alors à propos de ces objectifs possibles nous paraît être celle de leur cohérence, entre eux d'abord, avec les finalités, contenus et démarches ensuite.

C) La notion d'objectif-obstacle. En quoi un objectif possible est il intéressant ? Deux raisons nous conduisent à choisir ceux qui correspondent à des obstacles franchissables au cours des activités.

La première raison est que les objectifs doivent être en nombre limité, si l'on veut qu'ils puissent réellement être utilisés par les enseignants. Or, les objectifs de type comportemental sont toujours beaucoup trop nombreux, ponctuels et dispersés pour être une aide permanente. Notre première hypothèse est qu'il est possible de trouver un nombre limité de progrès décisifs, non acquis spontanément mais qui ont une signification du point de vue de la pensée scientifique ou technologique, des attitudes et des capacités correspondantes.

---

(1) L. D'HAINAUT. *Les fins aux objectifs de l'éducation*. Nathan Labor, 1979 p.3

La seconde raison est que, si l'éducation scientifique et technologique ne consiste pas à construire sur terrain vierge, mais à transformer des attitudes, des représentations, des habiletés qui existent déjà et qui trouvent à s'investir par ailleurs, c'est aux difficultés de ces transformations, plus qu'aux produits finaux qu'il faut se référer pour guider les interventions didactiques (1). Notre seconde hypothèse est qu'il existe à un moment donné du cheminement éducatif, dans une activité donnée, un obstacle décisif, dont l'aspect dominant se situe dans une des grandes catégories d'objectifs, attitudes, méthodes, connaissances, langages, savoir-faire (2)...

Si cet obstacle peut être franchi, son aspect dominant sera pour nous un objectif possible "intéressant". Sa description renvoie donc à une analyse épistémologique de la signification de la réussite d'une activité scientifique ou technique et à une évaluation psychopédagogique du niveau auquel se situe cette réussite. Dans la pratique de la classe, les "bons" maîtres s'appuyent sur leur expérience des difficultés des élèves pour aider ceux-ci. Notre proposition consiste à faire prendre en charge ce guidage par les objectifs, c'est-à-dire de manière analytique, explicite et objective, et de concentrer leur fonction sur cet aspect, en conservant par ailleurs des descriptions éventuellement plus traditionnelles des contenus.

D) La notion de caractérisation

Nous avons donné dans l'introduction une raison qui nous conduisait à limiter notre ambition à caractériser les objectifs, et non à les définir de manière opérationnelle exhaustive : le point de vue limité qui a été le nôtre dans les travaux auxquels nous avons participé.

Mais nous voulons faire remarquer maintenant qu'une conception pragmatique des objectifs dans un curriculum, telle qu'on a pu la voir mise en oeuvre dans les travaux du LIRESPT et de l'INRP conduit de manière plus impérative encore à "caractériser" certains aspects au détriment des autres nécessaires à une définition : ceux qui sont utiles à un moment donné aux enseignants, pour l'évaluation, la communication, la décision.

---

1) Cette idée a été dégagée et illustrée d'un point de vue historique par G. BACHELARD, *La formation de l'esprit scientifique* (1938). Vrin, 1965, p. 17-19.

2) Bien sûr, l'atteinte d'un objectif, dans la mesure où elle permet de libérer l'activité de l'élève, découvre par là d'autres obstacles. L'hétérogénéité impose donc la présence simultanée de plusieurs objectifs pour la classe.

Pour respecter l'ensemble des orientations que nous avons dégagées, une bonne caractérisation des objectifs possibles visera à exprimer de manière précise et objective les obstacles essentiels dans l'appropriation d'un contenu donné au travers des activités proposées. Pour nous, il s'agit d'une forme d'opérationnalisation.

L'expérience a montré que ces objectifs devaient être caractérisés par, ou au moins avec les utilisateurs réels, en fonction de leurs besoins, de leur préoccupation, de leur langage. L'élaboration n'est pas dissociable de l'utilisation ; un ensemble d'objectifs est donc par lui-même évolutif parce qu'il est un instrument adaptable d'un groupe qui évolue.

De ce point de vue, les banques d'objectifs apparaissent comme une utopie inutile. Mais cela ne veut pas dire que dans l'élaboration, la recherche ne puisse jouer un rôle particulier demandant des compétences épistémologiques ou psychopédagogiques, nécessaires pour initier le mouvement, unifier et évaluer les formulations.

Pour notre part, nous chercherons maintenant à présenter de manière plus concrète comment certains problèmes se sont posés à nous lors de notre participation à différents cas de constructions de curriculums. Ces problèmes sont particuliers car liés à des moments d'un processus, mais nous montrerons que les solutions débouchent sur la mise à jour d'aspects généraux de la caractérisation des objectifs, qui préciseront les orientations générales qui viennent d'être affirmées.

Dans un premier temps, nous étudierons, à partir de trois cas, des problèmes qui peuvent être posés a priori et conduisent à argumenter la cohérence des solutions proposées. Ils correspondent à des extensions et des approches différentes :

- choisir les activités d'un module d'enseignement d'un semestre en techniques de fabrication mécaniques;
- élaborer le contenu conceptuel, à un niveau imposé, pour une initiation à la notion d'élément chimique ;
- explorer les relations objectifs - démarches pédagogiques dans la comparaison des duretés des matériaux.

Dans un second temps, nous étudierons des problèmes qui se posent a posteriori : évaluer l'adéquation d'un tableau d'objectifs (objectifs du module d'initiation aux techniques de fabrication mécaniques), du point de vue des objectifs possibles et des objectifs obstacles.

2ème P A R T I E

PROBLEMES DE CARACTERISATION DES OBJECTIFS

TROIS ETUDES DE CAS

2.1.

CONTENUS POUR UNE INITIATION

AUX TECHNIQUES DE FABRICATION MECANIQUES

Comme premier exemple de problème de caractérisation des objectifs, nous prendrons le cas d'un "module" d'initiation aux techniques de fabrication mécaniques dont la conception et les essais se sont déroulés dans le cadre du Groupe de Travail de la Commission LAGARRIGUE entre 1972 et 1977.

Nous donnons dans l'annexe IIa une description assez complète du déroulement et du contenu, avec quelques documents typiques de ce projet d'enseignement. Ici, nous nous bornerons à expliciter et justifier les intentions et les contenus de ce module, à éclairer les problèmes et les décisions au niveau des buts et des moyens. Un examen plus approfondi des objectifs pédagogiques fait l'objet de la troisième partie de notre travail.

Les questions que nous abordons maintenant se situent sur un plan très général. D'abord elles concernent un projet d'enseignement pour une durée de six mois avec deux heures par semaine, ce qui nous place presque au niveau de la discussion du programme d'une discipline. Ensuite, les concepteurs disposaient d'une liberté presque totale dans les choix de contenus, de démarches, de moyens et de méthodes d'essai, seules quelques indications leur ayant été fournies par les textes d'orientation de la Commission.

Nous examinerons successivement les conditions et les raisons des choix effectués, puis la cohérence des aspects principaux du projet, enfin les généralisations que nous estimons être en mesure de proposer.

2.1.1. BUTS ET CONTENUS D'UNE INITIATION AUX TECHNIQUES DE FABRICATION.

2.1.1.1. La "technologie" dans les collèges.

A)"L'idée d'introduire un enseignement de la technologie dans les classes de quatrième et troisième est apparue après 1959", a écrit un de ses promoteurs, L. GEMINARD[1)], en relation avec la réforme qui a commencé à cette date, et "c'est aux environs de 1965 que ces structures commencèrent à se développer"[2)].

---

1) L. GEMINARD. La technologie dans le premier cycle de l'enseignement secondaire, objectifs et perspectives; tiré à part du bull. n°2 de Juin 1971 Enseignement et Technologie

2) les conceptions à cette époque sont bien représentées dans *dix entretiens sur la technologie*, Ministère de l'Education Nationale, IPN, 1966 (textes de Y. DEFORGE, J. SEBESTIK, F. PICARD, G. SIMONDON, J.CAPELLE, L. BASTIAN en particulier.)

Officialisé à la rentrée 62, avec deux heures par semaine pour des groupes de moins de 24 élèves, "l'enseignement de la technologie a pour objet essentiel l'étude critique d'objets et de mécanismes simples conçus par les hommes pour la satisfaction de leurs besoins. Elle tend à développer le raisonnement logique et s'appuie sur ce langage particulier qui est le dessin dit "industriel" grâce auquel il devient possible d'exprimer le contenu de ce raisonnement"[1].

Après une phase d'essai, de 1962 à 1964, le programme se fixe en quatrième sur quelques fonctions techniques simples liées à la translation et à la rotation, en troisième à la métrologie et à l'électricité. Par la suite, les textes officiels de 1970 modifient les programmes dans le sens suivant[2]:

- en quatrième, étude d'objets techniques (quatre dont la balance) permettant l'introduction des fonctions techniques élémentaires (liaisons, guidages, mouvements et transmissions de mouvement) liées à la translation, et de notions de mécanique physique (mesures des longueurs et arcs, notion de force, poids, masse, frottement entre solides);

- en troisième poursuite de l'introduction de la technologie et de la mécanique physique (rotation), notions pratiques sur le courant électrique et les combustibles.

La note du 1-6-66[3] insiste sur le fait que "la technologie doit être considérée comme une discipline nouvelle et comme une discipline scientifique de l'ordre expérimental. En particulier, il ne faut pas confondre l'enseignement de la technologie avec "les travaux manuels éducatifs" ou avec les "travaux scientifiques expérimentaux". La technologie doit déboucher sur un savoir scientifique, conceptualisé et même mathématisé, utilisant la "langue" du dessin industriel; les auteurs comparent le passage objet-dessin à un thème et le passage dessin-objet à une version, analysant la structure fonctionnelle des objets et imaginant des objets satisfaisant certaines fonctions.[4]

---

1) Début des instructions officielles du 11-8-1964. Enseignement de la technologie en quatrième et troisième modernes. Tous les textes sont cités d'après le recueil Textes officiels et enseignement de la technologie 1973 - *documents pédagogiques n° 5* de l'ENS de SAINT CLOUD et du CIEP de SEVRES préparé par C. COUSIN.

2) recueil cité p. 43-45
3) recueil cité p. 40-42
4) le livre de L. GEMINARD, *Logique et technologie*, Dunod, 1970, développe cette orientation à l'usage des enseignants.

Lorsqu'on considère l'évolution des programmes et des contenus réellement enseignés, on s'aperçoit que la part de la physique (électricité, chimie mais aussi conception de l'observation et de l'expérimentation) augmente, que les objets étudiés sont de plus en plus simples au point de devenir des "maquettes" de fonctions élémentaires dont le type est la targette, que le dessin tend à être enseigné pour lui-même. Les raisons sont multiples mais se rattachent d'abord au rôle de plus en plus important des physiciens au niveau de l'Inspection, de la formation des maîtres, du recrutement des enseignants, au détriment des professeurs de travaux manuels et surtout des professeurs d'enseignement technique.

Les instructions de 1970 sont très conscientes de ce fait, mais justifient le renoncement[1]:

"on pourrait fonder la technologie sur une observation de matériels techniques divers de type industriel ou de bureaux ou de laboratoires, en les situant dans le cadre de leur utilisation et en montrant quelles conséquences techniques et humaines ils entraînent tant en ce qui concerne les réalisations qu'ils permettent qu'en ce qui concerne les relations de travail et les qualifications des emplois. Cela supposerait qu'on puisse apprendre aux élèves à utiliser intelligemment des machines en leur faisant comprendre assez globalement les principes généraux de leur fonctionnement. Cela impliquerait que des relations étroites puissent s'établir entre les écoles et des entreprises diverses. Cela conduirait également à un travail d'allure très nouvelle, créant des activités entre des groupes de professeurs de disciplines différentes et les élèves sur des thèmes choisis.

Il a semblé que cette approche était pour le moment peu réaliste car non généralisable".

Pourtant un enseignement de ce type a pu être développé dans des "classes pratiques", préprofessionnelles ou préparatoires à l'enseignement technique, avec l'étude d'objets et problèmes techniques beaucoup plus réalistes, donc plus complexes : machine à laver, moteur à explosion, tourne-disques, etc.[2]

Les activités de fabrications ont été elles aussi exclues presque dès le début, bien qu'elles aient été envisagées au départ; quelques "réalisations" étaient prévues en 1962 :"exécution d'un tracé sur tôle mince d'acier ou d'alliage léger en vue de la réalisation d'une pièce pliée.

---

1) recueil cité p. 45
2) par exemple le manuel de R. LYAND, A. BATIER, J. CHAPELLE, J. MICHAUD, A. PAYAN, *Guide de technologie*, A. COLIN 1972

Lorsque ce sera nécessaire, le travail pourra comporter l'emploi de petites machines outils[1]". Par la suite, seules les opérations de démontage-remontage accompagnant l'analyse fonctionnelle seront prévues. On est loin de l'évocation par le Recteur CAPELLE en 1961 d'une "formation analogue à celle des mécaniciens d'entretien"[2].

B) C'est en réaction partielle contre la "technologie" telle qu'elle était devenue et pratiquée que se posent les orientations de la Commission LAGARRIGUE. Le rapport HULIN[3] (Octobre 1971) propose trois buts généraux :

- acquisition de connaissances de base scientifiques et techniques. "Outre l'étude d'objets techniques simples suffisamment illustrée par les actuels programmes pour que nous ne la décrivions pas, nous souhaiterions voir apparaître l'étude (description, principes de fonctionnement) d'un certain nombre d'appareillages remarquables par la généralité de leur emploi, leur importance économique et la qualité de leurs performances" (production de matériaux, sources d'énergie, moyens de locomotion, de communication, ordinateurs)..." Cette analyse se fondera en partie sur l'étude parallèle des objets techniques simples illustrant les diverses fonctions. Mais il importe de renoncer au dogme pédagogique suivant lequel l'exposé doit nécessairement aller du simple au complexe"[4].
- entraînement à la manipulation, à l'observation, à la réalisation et à la présentation d'objets et de phénomènes.
- entraînement aux modes de raisonnement des sciences physiques.

Le rapport propose explicitement "la manipulation et la réalisation d'objets techniques"[5] et "la suppression du dessin en tant que composante" à part"[6].

La tonalité générale de ce texte est beaucoup plus "scientifique" que "technicienne". Mais il engageait à explorer les possibilités d'un enseignement axé sur les problèmes réels de la connaissance technique et de la réalisation industrielle. Deux propositions - étude d'un moteur deux-temps type Solex, et fabrication d'un changeur de monnaie - furent faites en ce sens[7].

---

1) recueil cité p.18
2) d'après Y. DEFORGE, *l'éducation technologique*, Casterman, 1970 p. 128
3) M. HULIN, remarques préliminaires relatives à l'enseignement dit de "technologie", *Bull. de l'Union des Physiciens*, n° 597 Oct. 1977, p.27-38
4) M. HULIN, article cité p. 30
5) M. HULIN, article cité p. 35
6) M. HULIN, article cité p. 36
7) J. CHABAL, R. DE PREESTER, Initiation scientifique et technique (4è et 3è) document interne de la commission, juin 72, 10p. (manuscrit).

La seconde, beaucoup plus originale à ce niveau fut retenue d'abord pour devenir le "module d'initiation aux techniques de fabrication mécaniques".

Cette décision signifiait alors qu'il s'agissait d'inventer une initiation technique, qui ne puisse dissimuler aucune des difficultés et des questions qui se posent dans la réalité du monde technique, au profit de simplifications, d'abstractions, ou de détournements "scientifiques". La fabrication d'un objet complexe imposait "l'authenticité technique". Mais que devenait alors la conception unitaire d'une initiation scientifique et technique ?. Sans ignorer les relations (et les oppositions) entre science et technique, le module a fait choix de s'installer au coeur de la technique industrielle pour toucher s'il y avait lieu, mais sans volonté préconçue, les aspects scientifiques nécessaires à son achèvement, malgré des incompréhensions multiples[1].

2.1.1.2. Expériences étrangères.

Lors de la préparation du module d'initiation aux techniques de fabrication, de la documentation a pu être rassemblée sur d'éducation technologique à l'étranger, ses différents buts, formes pédagogiques, contenus[2]. Les conceptions sont très diverses : formation civique, humaniste ou préprofessionnelle, couronnement des connaissances scientifiques ou discipline autonome, motivation pour l'école ou lieu de développement de la personnalité[3].

Deux expériences nous ont particulièrement servi d'exemples typiques pour la réflexion et méritent quelques développements : le Project Technology anglais et l'enseignement polytechnique en République Démocratique Allemande.

A - le Project Technology

Le Project Technology[4], qui correspond à des activités en général facultatives est fondé sur la méthode des projets et le travail de groupe avec quelques cours plus structurés. Les buts proclamés sont :

---

1) Les scientifiques croient que la technologie se réduit à une science appliquée et les techniciens qu'utilisent les résultats de la science, croient la connaître elle même : double méconnaissance, qu'on a pu observer lors des débats de la commission LAGARRIGUE.
2) pour un tableau de la situation en Europe, Y. DEFORGE, la technologie en Europe. *Cahiers pédagogiques* n° 104, 1972 p. 15-22.
3) il faut cependant noter qu 'en réalité, il y a peu de pays qui développent une réelle éducation technologique dans le niveau correspondant aux collèges.
4) Schools Council Research Studies, Evaluation in Curriculum Development : Twelve case studies, London, Mac Millan, 1973, p. 159-176. On y donne un rapport d'évaluation du Project Technology, par D.TAWNEY.

- procurer un fonds de connaissances suffisant pour permettre aux enfants de résoudre des problèmes complexes comprenant construction, contrôle et automatisation de dispositifs;
- les encourager à penser de manière créative et à produire un travail inventif original;
- développer la capacité d'analyser ce qui se rapporte à une nouvelle situation;
- développer la capacité de choisir et appliquer principes, méthodes et procédures et de concevoir des solutions possibles;
- développer la capacité de synthétiser et ensuite de concevoir et construire un dispositif;
- développer la capacité de reconnaître les limites d'un dispositif, de suggérer et réaliser des modifications;
- donner confiance aux enfants pour utiliser des équipements non familiers et peut-être complexes;
- encourager les enfants à rendre compte de leur travail de manière objective, y compris succès et défauts.

La stratégie de projet est décomposée en éléments :

- poser le problème de manière précise;
- expliciter plusieurs solutions possibles;
- choisir une solution et dire pourquoi on la cherche de préférence aux autres;
- diviser le problème en plusieurs parties disjointes; travailler sur chacune indépendamment;
- utilisant des croquis, faire le projet de solution de chaque partie;
- suggérer des modifications pendant ou après la construction;
- essayer la solution; dire en quoi le dispositif a fonctionné ou non;
- suggérer d'autres modifications.

Il faut souligner que ces activités ne sont pas généralisées et ne donnent pas lieu à examen. Elles demandent une coordination des enseignements pour utiliser toutes les compétences; elles font souvent appel à des spécialistes extérieurs à l'école, ce qui permet une ouverture. Les résultats sont parfois étonnants d'inventivité : machines, dispositifs, automatismes dont certains sont mêmes produits industriellement. La revue trimestrielle *School Technology*, qui continue à paraître, montre que l'élan n'est pas retombé.

Le matériel utilisé n'a pas été standardisé, à part la fabrication de boites de construction ("Hybridex"), et dépend des ressources

locales et de la "débrouillardise". Par contre, une série de documents et livres pour les maîtres (Technology Handbooks) propose des activités et des conseils (par exemple : photocellules). Certains thèmes font l'objet de cours suivis et programmés (électronique de base, technologie du contrôle).

L'intéret de ce projet d'enseignement est de montrer qu'il n'y a pas vraiment de limites à priori dans la complexité des thèmes d'étude si l'on se donne les moyens de les traiter, et que l'initiation technologique peut être un support privilégié de développement de la personnalité.

B - L'éducation polytechnique

L'éducation polytechnique, telle qu'elle est réalisée en URSS[1] et en RDA[2] s'inscrit dans un tout autre contexte et repose sur d'autres bases. Un article de G. NEUNER expose de manière condensée les principes essentiels de cet enseignement[3] :

"La formation polytechnique dans l'école socialiste a une double fonction. Elle contribue d'abord à ce que la formation générale prépare les élèves à exercer plus tard un travail et une activité professionnelle, et à faire face aux conditions actuelles et futures de la vie sociale et culturelle qui sont caractérisées par un développement constant de la technologie dans des domaines de plus en plus larges de la vie humaine. Ensuite, initiant les élèves aux bases de la technologie, de l'économie et de la production et les faisant participer à un travail productif utile pour la société, elle est un élément décisif du développement harmonieux de la personnalité socialiste".

"Lorsqu'il s'est agit de définir le contenu scientifique de la formation polytechnique, le problème a été pour nous de choisir comme point de départ dans la réalité sociale un ensemble de connaissances qui devaient, d'une part, contribuer largement par leur diffusion à la formation du personnel indispensable à l'économie et, d'autre part, s'intégrer parfaitement au système général de formation des élèves dans les domaines des mathématiques, des sciences naturelles, des sciences sociales, de la littérature et des arts en général. Un tel point de départ est fourni selon nous par la technologie".

---

1) CHAPOVALENKO et al. *L'enseignement polytechnique en URSS*, UNESCO, 1964, 446p.
G. BOUVARD, *Les petits fils du premier maître*. Moscou, Ed. du Progrès 1980 22
2) E. KOHN, F. POSTLER, *Enseignement et formation polytechniques en République Démocratique Allemande*, Ministère de l'Education de RDA, 3ème éd. 1973
G. BOUVARD, P. PELLENQ, *L'enseignement RDA*, Ed. Sociales, 1973
G. NEUNER et al. *Allgemeinbildung, Lehrplanwerk, Unterricht*, Berlin Volk und Wissen, 1973
3) G. NEUNER, l'enseignement polytechnique en RDA in *Perspectives*, vol.IV n°1, printemps 1974, UNESCO, reproduit dans l'école et la nation n°243, nov. 74 p.35-38 et 44-46

On voit ici que les études sont à la fois de développement personnel et de formation professionnelle et civique : les disciplines et les méthodes pédagogiques sont articulées autour du travail productif en entreprise et des sciences à l'école, depuis l'école élémentaire jusqu'à la fin de l'enseignement secondaire obligatoire (10ans).

Dans les classes 7 et 8 qui correspondent à peu près à celles de 4ème et 3ème, on enseigne trois "disciplines polytechniques"[1] : "introduction à la production socialiste", dessin technique et "travail productif". Le programme de "l'introduction à la production socialiste" (1 heure par semaine) est le suivant : procédés mécaniques de fabrication; propriétés et transformation des matériaux, organisation de la fabrication; structure et emploi des machines. Le dessin technique (1 heure par semaine) a pour but l'apprentissage de la lecture, du croquis et du dessin et se termine en 8ème classe. Le travail productif (2 heures par semaine) comprend l'apprentissage des grandes techniques de fabrication (sciage, découpage, tournage, perçage, filetage, assemblage, montage et démontage, mesure et contrôle, et la production effective avec elles). Les trois enseignements sont normalement donnés lors de la "journée d'enseignement dans la production socialiste" passée dans l'entreprise jumelée à l'école (à la campagne les programmes sont plus orientés vers l'agriculture, mais les principes restent les mêmes).

L'intérêt de cet enseignement est de montrer qu'il est possible de réaliser une formation générale pour tous très approfondie autour de l'initiation technologique, sans séparer nettement apprentissage et production d'une part, technique et science d'autre part : "C'est le processus continu d'intégration entre les sciences de la nature et la technologie qui déterminera l'évolution du programme"[2].

2.1.1.3 Les intentions du module techniques de fabrication

Les contraintes et les traditions politiques, économiques et culturelles françaises empêchent toute "importation" d'un modèle pédagogique étranger, ou même une adaptation. Si les conceptions du module d'initiation aux techniques de fabrication mécaniques doivent être situées par rapport aux grands types évoqués précédemment, elles doivent surtout être justifiées pour elles-mêmes.

---

1) G. NEUNER et al. ouvrage cité p. 226-243
2) G. NEUNER, article cité p. 37. En réalité les différents éléments apparaissent comme juxtaposés plus qu'intégrés, malgré les renvois systématiques. Mais le système fonctionne.

A) Quatre buts principaux sont poursuivis dans ce projet :

- a) motivation. Les élèves du premier cycle, et particulièrement en quatrième et troisième manifestent souvent leur intéret pour les objets techniques; "comment ça marche ?" et"comment c'est fabriqué?"sont des questions qui reviennent régulièrement. Il semble légitime de répondre à cette attente en proposant des activités de fabrication.

Mais n'est-ce pas ce que font déjà les travaux manuels, et depuis l'école élémentaire ? . Il est vrai que cette discipline apporte à ce sujet une contribution essentielle en donnant aux enfants l'occasion d'affronter la matière. Cependant, pour diverses raisons, les orientations artistiques et artisanales restent priviligiées. Il manque une mise en présence directe avec les problèmes de la technique industrielle, où les machines remplacent les outils à main de l'artisan, du bricoleur ou de l'artiste pour fabriquer des objets complexes au moyen de pièces interchangeables. L'expérience des enseignements de travaux manuels à l'époque confirmait ce manque.

- b) savoir-faire. Des activités scolaires ne peuvent se limiter à satisfaire les désirs plus ou moins explicites des élèves. Elles doivent déboucher sur une réelle maitrise. Celle des machines-outils et des matériaux contemporains, en dehors de toute visée professionnelle étroite - il ne s'agit pas de former des mécaniciens d'usinage - est une nécessité de la vie domestique et sociale actuelle. Diminuer la peur des machines, l'aversion pour les travaux manuels, favoriser des orientations de pensée tournées vers la réalisation, contribue d'ailleurs à la formation générale de la personnalité.

- c) orientation. La notion de cycle d'orientation n'est qu'une "escroquerie" si l'enfant n'a pas les moyens de se représenter les tenants et aboutissants de celle-ci[1]. Or de quelles références peut-il disposer, de quelles bases de comparaison, si au moment où la voie de l'enseignement professionnel peut être proposée ou imposée, aucune activité scolaire approchant de près ou de loin cette activité essentielle qu'est la production industrielle, avec tout ce qu'elle comprend (fabrication, organisation du travail, conception, rapports sociaux) ne lui a jamais été offerte. Comment pourrait-il recevoir, par exemple des définitions comme celles proposées par les notices de,l'ONISEP[2], sans aucune illustration :

---

1) Nous adhérons à la conception éducative de l'orientation développée par A. LEON dans *psychopédagogie de l'orientation professionnelle*, PUF, 1957, XI + 132p.

2) ONISEP, *emplois de la mécanique - Fraiseur*, Juillet 1974, p.20

"Fraiseur - finalité de l'emploi : le travail dans cet emploi sert à façonner une pièce selon un plan, en enlevant, au moyen d'outils montés sur une machine appelée fraiseuse, des copeaux de métal à la pièce brute.

- nature du travail : le fraisage est l'un des procédés fondamentaux de la fabrication mécanique : il permet l'exécution de multiples travaux, depuis le simple dressage d'une surface plane jusqu'au taillage des engrenages coniques, spiraux. Il s'effectue par déplacement de la pièce à usiner fixée sur la table de la machine, sous une fraise tournant à une certaine vitesse...".

- d) culture générale. Plus généralement, concevant la technologie comme l'étude des forces productives[1], il s'agit d'offrir aux enfants la possibilité de se représenter dans son ensemble le cycle de fabrication d'un objet technique, de mieux comprendre le fonctionnement de cet objet en l'observant, en le manipulant, et surtout en le construisant[2]. Or si les "industries de forme"[3] ne sont pas les seules (environ 650.000 salariés pour les industries mécaniques), elles interviennent en réalité par leur produits dans toutes les autres branches : extraction, élaboration, construction, communication, agroalimentaire, etc : la fabrication mécanique est un des pivots du fonctionnement économique[4].

---

1) Selon les idées de A. HAUDRICOURT, la technologie, science humaine, dans *la Pensée* n° 115, Juin 1964, p. 28-35

2) L'ouverture de l'école sur le travail est une nécessité reconnue par tous: ouvrir l'école sur les réalités du travail, *cahiers pédagogiques* n° 135 Juin: 975. école et travail, *l'éducation* n° 415-416, printemps 80

3) selon l'expression de J. DINZIN : *les propriétés et les formes dans l'industrie*, Hermann, 949, p. 79 et suivantes

4) on peut - et on doit - se poser la question de l'avenir des industries de forme, car une initiation prépare les élèves pour les quarante années suivantes et il faut raisonner à cette échelle de temps : les choix de la RDA, privilégiant la mécanique en 7ème et 8ème classe sont parfaitement justifiés actuellement, mais une réforme, qui demande un certain temps doit avoir des exigences beaucoup plus prospectives. L'évolution historiques (A. GARANGER, les machines-outils, dans M. DAUMAS et al. *Histoire générale des techniques t. V les techniques de la civilisation industrielle* p. 97-156), les recherches et transformations actuelles (les machines-outils de demain, *Le Monde* du 25.6.75, p. 33) montrent le développement de l'automatisation et de la commande numérique, avec de nouveaux procédés liés aux progrès de la physique et de la chimie. Pour ne pas être déphasée dans l'avenir, une initiation aux techniques de fabrication, même si elle continue à utiliser des machines-outils (de type maquettiste) doit inscrire ces évolutions dans les activités proposées : automatismes, grands types d'obtention des formes. Pour l'enseignement technique, le livre d'Y.LEGOUX *du compagnon ou technicien*, Techniques et vulganisation 972, montre bien que cela impose le passage de l'atelier au laboratoire.

B) Un certain nombre de conditions d'une initiation technologique authentique semble alors devoir être satisfaite si l'on veut donner une image réaliste de la technique. Ce sont autant de difficiles problèmes pédagogiques.

- a) les réalisations techniques sont toujours complexes[1]; une partie ou aspect isolés n'ont pas d'existence propre; l'objet lui-même s'insère dans un milieu physique, humain; sa fonction renvoie à un besoin humain, spécifié par les conditions dans lesquels ce besoin peut être satisfait (encombrement, coût…);son organisation dépend de multiples facteurs; son fonctionnement comme sa fabrication ne sont pas des processus faciles à se représenter (les "principes physiques" n'en sont souvent que des caricatures).

- b) d'autre part, la technologie s'intéresse à des mécanismes réels, non à des maquettes ou des modèles fonctionnels[2] même si ceux-ci jouent un rôle essentiel dans le raisonnement ; le bricolage, c'est à dire d'adaptation du but aux moyens n'est pas la technologie; la qualité exige des instruments de mesure et de contrôle, un matériel adéquat. Il doit y avoir cohérence de ce point de vue entre conception, fabrication et matériel, comme dans l'industrie.

- c) à partir d'un certain niveau, les représentations graphiques, croquis, schémas, dessins, deviennent indispensables comme substituts de l'objet permettant un "calcul", avec les normes conventionnelles[3]. De même des connaissances et démarches technologiques minimales doivent apparaître pour être investies dans la fabrication[4].En particulier l'usage de machines-outils exige la représentation préalable objective et précise des propriétés géométriques et cinématiques, l'ordonnancement logique des opérations : historiquement et pédagogiquement il est lié à un développement important du savoir scientifique et technique en le motivant et le validant.

---

1) Voir G. SIMONDON *du mode d'existence des objets techniques*;AUBIER, 1969 p. 109, et J. CHABAL, R. DE PREESTER, J. SCLAFER, R. DUCEL, *Méthodologie de la construction mécanique*, Foucher 1973, p. 5-12
2) C'est la limite de certains jeux de constructions
3) Y. DEFORGE, *le graphisme technique*, thèse Un. Paris V, 1975, atelier de rep. des thèses de Lille, 427 p. + planches.
4) B. GILLE, essai sur la connaissance technique in B. GILLE, *histoire des techniques*, Gallimard 1978, p. 1416-1477

Comment réaliser les apprentissages correspondants en 6 mois, à raison de deux heures par semaine, avec des enfants de 13 à 15ans ?. Il n'y a pas de solution si cette initiation est conçue comme un préapprentissage professionnel systématique. Seule, dans le cadre d'une formation générale, une approche globale, ne prétendant pas résoudre toutes les difficultés une à une, peut permettre aux enfants d'accéder à un acquis réel. L'essentiel est atteint si les enfants manipulent et construisent, résolvent quelques problèmes seuls ou collectivement, avec ou sans l'aide du maître et qu'ainsi la classe conduise un projet à son terme et prenne conscience de l'ensemble de la démarche.

C) Il en découle le projet d'initiation suivant, décrit plus en détail dans l'annexe IIa. L'idée fondamentale est de faire fabriquer en classe un petit objet de type industriel; ceci conduit aussi bien à étudier l'objet d'après les dessins et un prototype réalisé par le maître, qu'à organiser les activités sur machine, ou contrôler la production. Au passage, des connaissances concernant les matériaux ou composants utilisés, des apprentissages sur les mesures, des modes de raisonnement (analyse des fonctions d'un objet, des opérations d'une fabrication), des expérimentations pour préparer une opération, trouvent leur place de manière nécessaire et motivée, apportant un large éventail d'activités diverses.

Les techniques élémentaires de fabrication mécaniques au niveau de la pièce (mise en forme du matériau) peuvent être regroupées de manière rationnelle : enlèvement de matière (ou usinage) par tournage, perçage, fraisage, sciage; conformation des plaques minces par découpe, pliage...; moulage. Toutes ces techniques peuvent être mises en oeuvre au cours du "module", avec un matériel adapté aux élèves, mais qui donne une idée des processus industriels fondamentaux.

Une classe dispose à cet effet de six petites machines-outils transformables polyvalentes (tournage, perçage, fraisage, sciage, abrasion), d'une petite cisaille à levier, d'une plieuse d'établi et de l'outillage manuel courant pour le travail des métaux et plastiques. Ce matériel a été choisi pour son adaptation aux buts visés (format, commodité, sécurité, prix).

L'objet proposé pour la construction (petit compresseur, moteur électrique,...) est produit par des groupes de 8 élèves environ qui utilisent les plans complets (dessins d'ensemble et de détail, gammes de

fabrication) qui leur sont fournis. Dans une certaine mesure, la classe reproduit une organisation productive réelle avec atelier, bureau, magasin, mais avec rotation des tâches!.

Tous les élèves d'un groupe ne peuvent être occupés simultanément sur les machines. Un travail indépendant sur fiches est donc prévu, les élèves disposant d'un recueil de fiches-problèmes concernant la production, les machines-outils, les mesures et tracés, avec un petit vocabulaire technique. Ainsi, une alternance est organisée entre les activités de manière que chacun puisse effectivement s'initier à la fabrication aussi bien qu'aux problèmes technologiques ou scientifiques, la réflexion technologique s'enracinant dans la réalisation technique et la prolongeant par l'étude méthodique.

On peut qualifier la démarche pédagogique à l'oeuvre, qui n'est ni une méthode synthétique, ni un projet, ni une "journée à l'entreprise", de "pédagogie du contrat", qui s'organise ici autour d'un "contrat collectif de production". Des spécifications précises à satisfaire exigent un certain nombre de compétences pratiques et théoriques pour lesquelles des exercices sont proposés, en liaison plus ou moins directe avec la fabrication. Mais l'initiation est globale, avec un début de démarches analytiques lorsque c'est nécessaire et utile, et non systématique, comme ferait l'enseignement professionnel, bien que les tendances actuelles de celui-ci en constituent un arrière-plan manifeste [1]. C'est la machine-outil dont la conduite impose des exigences de représentation anticipée des éléments et des opérations, d'expérimentation (détour pour connaître systématiquement les effets et en déduire des relations), de coopération et de communication dans le travail, de précision, qui est le centre de la méthode, comme elle a sans doute été la composante décisive de la "révolution industrielle" et de ses conséquences scientifiques [2].

2.1.2. EXAMEN CRITIQUE DE LA COHERENCE DU PROJET

Dans une perspective d'éducation technologique, divers écueils peuvent s'opposer à un tel projet :

---

1) Y. LEGOUX ouvrage cité. F. CANONGE et R. DUCEL, *la pédagogie devant le progrès technique*, PUF, 2éd. 1975, 223p.
M. POSTIC, *introduction à la pédagogie des enseignements techniques*, Foucher 1971, 80p.

2) P. BOCCARA sur la révolution industrielle du XVIIIème siècle et ses prolongements jusqu'à l'automation. *La Pensée* n° 115, 1964 p. 12-27
J. LEPLAT et J. PAILHOUS, l'activité intellectuelle dans le travail sur un instrument, *Bull. Psychologie*. XXVI, 306 n° 12-13 p.673-680.

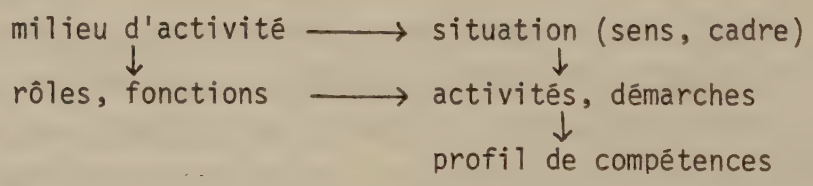
- satisfaire l'intérêt des élèves pour une réalisation concrète peut déboucher sur le "jeu" de fabrication ou le bricolage;
- développer des capacités pratiques (usinage, emploi d'outils à main, montage, réglage et contrôle, lecture de dessins) peut inciter à la mise en oeuvre d'un dressage manuel, au lieu d'une initiation aux techniques productives;
- introduire des éléments de culture générale sur le travail industriel et les processus techniques peut conduire à transformer le projet en discours sur la technique ou prétexte à travaux scientifiques.

Le problème posé, fondamental pour nous, est celui du degré d'authenticité des activités scolaires proposées par rapport aux activités productives industrielles[1].

Plus généralement, il s'agit d'apprécier la cohérence des buts et des contenus dans un curriculum[2]. Deux questions nous semblent devoir être posées :

- Y a-t-il adéquation entre les contenus et les buts généraux, comment assurer cette adéquation ?
- Quelle est l'extension des champs de "pertinence", de "transfert" et "d'évocation" pour les compétences recherchées ?[3].

Pour répondre à ces questions d'HAINAUT propose d'étudier les "profils de sorti dans leur milieu d'activité"[4], selon un schéma d'analyse que nous pouvons résumer ainsi :



---

1) C'est la préoccupation qu'on retrouve dans le rapport de J. CHABAL et P. GREUTER sur *les boîtes de construction* dans l'enseignement polytechnique en RDA, INRP, Janvier 80, où ils examinent la cohérence aux différents niveaux (des objectifs de société à l'articulation interne de la discipline) et le champ de connaissances spécifiques couvert avec ces matériels (p. 44-52)

2) Un premier état de ce travail a été présenté aux troisièmes journées sur l'éducation scientifique à CHAMONIX, (2-4 Février 81) J.L.MARTINAND: pratiques sociales de référence et compétences techniques;à propos d'un projet d'initiation aux techniques de fabrication mécaniques en 4ème, Actes des 3èmes journées de CHAMONIX p. 149-154

3) D'HAINAUT, *Des fins aux objectifs de l'éducation*, Nathan 2ème éd. 1980 p. 84-85, parle pour le premier de champ effectif et pour le second de champ potentiel. Nous ajoutons le troisième, qui ne correspond pas à des compétences pratiques mais à des visées de culture générale et d'orientation (il rend la communication possible).

4) D'HAINAUT, ouvrage cité 2ème partie : conception et élaboration des programmes.

Il s'agit alors d'examiner successivement[1] :

1) les fonctions et les rôles,

2) les tâches et situations,

3) les attitudes et valeurs,

4) les démarches et opérations.

Pour d'HAINAUT "le curriculum sera déterminé par deux entrées directement en rapport avec la politique éducative et la philosophie de l'éducation: d'une part les situations que l'élève sera susceptible de rencontrer et qui sont déterminées par l'image qu'on se fait du milieu où il s'insère et d'autre part, les démarches intellectuelles, psychomotrices et socioaffectives qu'il devra pouvoir maîtriser dans ces situations et qui découlent immédiatement de l'image de l'homme qu'on veut former, de ses rôles et de ses fonctions dans la société"[2].

Un tel modèle, qui sous-tend les travaux sur les curriculums professionnels (D'HAINAUT lui-même présente une application à la formation universitaire des psychopédagogues et des utilisations du modèle concernent l'apprentissage technique en mécanique[3], pose en dehors de cette situation une question grave : que faut-il faire lorsqu'il s'agit d'une initiation, dans le cadre d'une éducation générale, non orientée vers la constitution de qualifications? C'est le cas du module d'initiation aux techniques de fabrication: l'intention est d'obtenir une certaine "authenticité" des activités par rapport à l'industrie, non une adéquation des compétences aux profils d'emplois.

Pour engager l'examen, nous garderons l'idée d'une étude des pratiques réelles, non à titre de but de la formation, mais comme terme de comparaison, référence fondamentale.

De ce point de vue, un coup d'oeil rapide sur le projet[4] montre l'actualité des matériaux (acier, dural, altuglas...), de l'équipement (machines de maquettistes), de l'objet produit (compresseur conçu à partir d'un modèle commercialisé). Mais des contraintes de sécurité, limitant la puissance des machines, de coûts, limitant le nombre et les capacités des matériels,

---

1) D'HAINAUT, ouvrage cité p. 151-154

2) D'HAINAUT, ouvrage cité p. 106. On trouve aussi p.154 le schéma représentant "la logique de l'approche du curriculum par les rôles, les fonctions, et les activités qu'elles déterminent".

3) Une conception parallèle se retrouve chez J.L. CHANCEREL, *la construction des systèmes de formation par unités capitalisables*, Bern , P.Lang 1978, p. 142-161.

4) Voir annexe IIa, deuxième et troisième partie : matériel, fiches, dessins, gammes, activités

de temps, limitant la complexité et le nombre des opérations, de pédagogie, imposant une progressivité de l'acquisition des compétences et des capacités de précision, introduisent des écarts inévitables.

Il est donc nécessaire d'analyser les activités de manière plus détaillée, par comparaison avec la situation de production industrielle, et tout particulièrement en ce qui concerne les tâches et les qualifications.

2.1.2.1. Les tâches.

A) But des activités. Le compresseur (2,5 bars, 40 pièces environ) ou le moteur électrique (annexe IIa) sont des appareils qui fonctionnent; ils peuvent même être accouplés, constituant un maillon d'un système plus complexe. Ils correspondent à des objets industriels de production courante qu'on trouve dans le commerce[1]: on peut comparer structure et performances à des modèles réels disponibles pour les élèves; l'authenticité est donc ici entière.

En même temps, la fabrication en classe est l'objet d'une sorte de "contrat collectif de réalisation" avec des groupes d'élèves (huit environ). Pédagogiquement, le but des activités peut donc être clarifié et exposé dès le départ de manière très complète et réaliste. Mais de plus un tel contrat est l'analogue des spécifications que doivent remplir des produits industriels. L'évaluation finale des performances et la comparaison avec les productions industrielles couronnent cette volonté de référence industrielle.

B) Opérations techniques. Si on se reporte à une description actuelle des fabrications mécaniques[2], on constate la présence de tous les grands modes de fabrication les plus répandus: débit, usinage, conformation, opérations manuelles, fonderie (éventuellement) et montage-réglage (assemblage par vissage, collage, soudage, et mise au point), avec des matériaux courants (à part l'altuglas, produit cher) et des composants communs (roulement à bille). Certaines opérations peuvent être préparées pour des fabrications-séries, des embryons d'automatisation sont possibles.

---

1) *Compresseurs à membranes et pompes à vide à membranes à performances élevées*, Documentation NEUBERGER M1/II f., KURT NEUBERGER, France. Modèles analogues : NO5 ANE (3 bars; 4,5l/mm), NO7 ANE (2 bars, 7l./mm); le premier prototype réalisé par J. CHABAL donnait 3,5 bars et 9l./mm à 900 tr/mm.

2) par exemple P. DEBOS, fabrications mécaniques, *Enc. Universalis*. t.10 p. 661-667, ou J. DINZIN, ouvrage cité p. 79-95

Manquent par contre des procédés récents liés à la recherche technologique scientifique (abrasion électrolytique, usinage à vitesse balistique, étincelage...), des matériaux plus "exotiques" : si l'on se tourne incontestablement du côté industriel, on a ici une limite à l'initiation due aux choix cohérent de l'objet et du matériel; elle ne pourrait être corrigée que par des visites d'entreprises et de laboratoires ou des apports audiovisuels.

C) Matériel. La petite machine polyvalente démontable (tour, perceuse, fraiseuse, scie, meule) dont les capacités et la précision (annexe IIa deuxième partie) sont limitées (1/10ème de mm) a été conçue pour les utilisations pédagogiques[1)], mais est vendue dans le commerce comme machine de maquettiste, donc pour de petites fabrications unitaires sur des matériaux "faciles", ou de bricoleur. Elle est donc très différente des machines utilisées dans la production industrielle du compresseur, bien que les principes et opérations de fabrication soient les mêmes. Nous voudrions insister ici sur l'intérêt didactique de pouvoir démonter et recomposer les machines. Les modifications que les élèves doivent effectuer pour adapter la machine à l'opération désirée, à partir d'un nombre limité d'éléments, fournissent une expérience concrète qui correspond à un discours technologique visant l'analyse fonctionnelle de ces objets particuliers. D'ailleurs la reconnaissance de cet intérêt des machines démontables polyvalentes, analogue à celui des boites de construction (du type meccano) pour les structures et les mouvements progresse aussi dans l'enseignement professionnel pour mécaniciens d'usinage.

Les plieuse , poinçonneuse, cisaille, instruments de contrôle, outillage manuel sont courants, mais pris dans le bas des gammes commercialisées et correspondent donc à la limite entre l'artisanat et l'industrie.

On peut donc penser que ce matériel permet d'analyser les structures et fonctions des machines, de prendre connaissance de la logique des opérations, et des conditions matérielles de leur mise en oeuvre réelle. A ce titre c'est une bonne base de transfert et d'évocation à cause de son universalité et de ses transformations possibles; du point de vue de la pertinence des compétences elles mêmes, on se trouve manifestement du côté du bricolage ou de l'artisanat.

---

1) Ainsi est-elle présentée par le fabricant autrichien, Unimat.

D) Documents. Les élèves travaillent sur des dessins (d'ensemble et de détail) et des"gammes de fabrication"très proches de l'industrie, bien qu'un peu simplifiés: ils sont moins décomposés que les documents industriels corresponsants, adaptés à des qualifications précises dans une division technique du travail très poussée[1].

E) Organisation productive. A la différence de l'industrie, chaque élève passe par tous les postes de travail. Mais l'ensemble de la classe est réparti de manière fonctionnelle : binomes de fabrication (opérations, contrôle), tenue des magasins (outillages, matières, documents), tenue des fiches d'avancement des travaux.

Des activités liées au travail sur fiches peuvent prendre en charge d'autres aspects (étude des performances et rédaction d'une fiche technique par exemple), ou faire réfléchir sur des activités absentes (conception, bu - reau des méthodes...)

F) Artisanat ou industrie. Pour résumer l'ensemble des critères de comparaison, nous donnons ci-dessous un tableau extrait d'un document manuscrit de L. GEMINARD[2] (très légèrement remanié).

Sauf pour la rubrique outillage, les tâches du module techniques de fabrication se situent nettement du côté de la production industrielle de série, qui constitue donc bien la référence fondamentale.

---

1) les dessins ont été effectués par J. CHABAL en fonction des capacités du matériel. Nous disposons maintenant d'un dessin d'ensemble original (réf. NK 040 E de NEUBERGER. Freiburg in Breisgau).

2) L. GEMINARD, *la technologie comme domaine d'étude - la technologie comme fabrication ou création*, document manuscrit communiqué lors d'une réunion de commission à l'INRP (Février 1981).

	Fabrication	
	artisanale	industrielle de série
but	Fabrication d'un objet technique utilitaire (instrument) à l'usage de nombreux utilisateurs (marchandise commercialisée).	
organisation contrat	Le fabricant (artisan, ouvrier) fait l'objet complètement. La mesure existe, mais les dimensions d'un élément à assembler sont souvent adaptées à l'élement déjà fait. La mesure n'est donc pas un "contrat" à tolérance impérieuse.	(sauf organes ou appareils spéciaux) la fabrication est répartie entre plusieurs ouvriers ou équipes. la mesure est un "contrat" impérieux, les tolérances sont à respecter, un élément de type A s'assemblant à un élément B, doit pouvoir être assemblé avec n'importe lequel des éléments B et vice-versa.
outillage	les outils constituent un ensemble fini et clos. Un outil manié à la main peut être utilisé pour réaliser plusieurs formes. L'habilité gestuelle est requise.	les outils constituent un ensemble ouvert,non fini. On fabrique un outil pour réaliser une forme et il ne réalise que cette forme.
préparation	un projet existe, mais les diverses étapes de la fabrication ne sont pas établies avant le lancement de cette fabrication, les "gammes" (et montages) de fabrication ne sont pas écrites à l'avance.	un projet existe qui donne lieu à des dessins détaillés. La fabrication est préparée à l'avance: gammes écrites, dessins de montage de pièces, et outils faits. L'ensemble constitue un "modèle" et un "contrat".
matériaux phénomènes	les matériaux sont souvent naturels (bois,fibres textiles). Il est rare que l'on utilise des "composants" tout faits. Les phénomènes exploités sont en général simples.	les matériaux sont souvent artificiels, à caractéristiques physiques bien définies. Des composants sont utilisés. Les phénomènes exploités peuvent être complexes.

2.1.2.2."Les qualifications"

Les relations entre formation et organisation du travail sont complexes[1]. Un des problèmes principaux est celui de la définition des qualifications[2].

Dans une recherche en cours menée à l'INRP sur les opérations de montage-démontage[3] en lycée d'enseignement professionnel et dans l'industrie, on propose d'utiliser pourla comparaison systématique des activités les aspects suivants (à partir des documents du CEREQ sur les emplois d'ouvriers qualifiés de la fabrication dans la mécanique):

- diversité des opérations;
- répétitivité des travaux (unitaire, série, grande série);
- étendue de la gamme des travaux;
- capacités techniques théoriques (lecture des dessins et gammes).
- autonomie dans le travail (assistance reçue, initiative dans la préparation des instructions, responsabilité dans l'équipe, relations fonctionnelles avec l'extérieur, participation aux études et méthodes).

Pour concrétiser, donnons ici l'exemple des indications fournies par le CEREQ pour l'ajusteur-monteur (P1, P2, P3, HQ) :

- lieux d'intervention : travaille en poste dans un atelier d'usinage, d'usinage-montage de montage au sein d'une section comprenant 66 à 100% d'OQ. Section encadrée par un agent de maitrise.

- intervention-type : l'ajusteur-monteur d'ensembles mécaniques, est un ouvrier qualifié de fabrication capable d'ajuster et de monter des pièces mécaniques et des sous-ensembles en vue de constituer des machines et des produits mécaniques.

  ajusteurs-monteurs travaillant dans des ateliers de prototypes ou de présérie.
  ajusteurs-monteurs d'ateliers de machines-outils spéciales se déplaçant chez le client pour le réglage et le dépannage.

---

1) *Enseignement et organisation du travail du XIVème siècle à nos jours*, CEREQ dossier n° 21, la Documentation française, 1979, 128p.
2) J.L. CHANCEREL, ouvrage cité p. 45-78. M. CAPDUPUY, J.L. KIRSCH, J. MERCHIERS, J. RANNOU, changement technique et évolution des emplois, *l'Orientation scolaire et professionnelle*, 1980 n° 4 p. 337-350
3) J. SCLAFER, *montage-démontage, 1_formation aux premiers emplois et processus d'accession aux emplois qualifiés dans la branche mécanique*, INRP, DERET, Nov. 1979, p. 24-33.

- nature des documents: reçoit des plans d'ensemble et de détail avec nomenclature des pièces, rarement une gamme de montage. Reçoit des consignes de l'agent de maitrise.
- capacités spécifiques utilisées : doit savoir lire les plans, en déduire des retouches, l'ordre de montage. Avoir de solides connaissances d'ajustage. Savoir utiliser certaines machines (perceuses, meuleuses, rectifieuses, étau-limeur, machine à souder). Parvenir à une très grande précision à l'ajustage et au montage; contrôles très fins.
- degré d'autonomie : n'exerce pas d'autorité hiérarchique fonctionnelle sur les autres ouvriers de sa section, sauf exception. Pas de liaisons fonctionnelles avec d'autres services (sauf exceptionnellement avec le contrôle, ou avec le bureau des méthodes à qui il peut suggérer des modifications de pièces, un ordre de montage, etc.)

Lorsqu'on confronte de telles listes au contenu du module on s'aperçoit que les aspects retenus ne sont pas "incongrus". Autrement dit, si les champs de pertinence et même de transfert des capacités ne recouvrent évidemment pas de telles qualifications, il nous semble que le champ d'évocation est lui parfaitement suffisant : les buts de culture générale et de base pour l'orientation assignés au module sont donc accessibles, sans donner de l'industrie de fabrication mécanique une image caricaturale. Ici encore, cette dernière est bien la référence, non le bricolage domestique ou l'artisanat.

2.1.2.3. Contraintes et moyens de l'initiation.

Mais il s'agit d'une initiation technologique, et non d'une production économique. S'il y a fabrication et si celle-ci est même au centre des activités de la classe (contrat, organisation, planning), d'autres aspects doivent être pris en considération.

A) La participation à la réalisation collective d'un objet est articulée à des moments de réflexion technologique : résolutions de problèmes pratiques (constructions géométriques, utilisation des réglages de machines), documentation (sur les objets, les machines, le travail, etc), expérimentation (pour dégager les lois empiriques : pliage, rattrapage des jeux, etc). Dans chaque séance, un apport d'information principal (démonstration, problème de fabrication ou de technologie, commentaire) s'intercale entre les travaux productifs ou théoriques en cours.

L'articulation entre ces différents aspects, si elle est logiquement fondée sur les besoins de la fabrication, n'est pas toujours évidente pour les élèves, ni facile à organiser pour le maître. La tention de la juxtaposition sans lien entre travail sur fiches et sur machines, ou de l'imposition préalable d'apprentissage (lecture, traçage,opérations) peut être très forte et bouleverser l'équilibre d'une initiation conçue comme globale.

B) Toute initiation est progressive. Pour cela, les activités sont reprises à des niveaux de plus en plus élevés en modifiant les données (extension et complexification des tâches) ce qui exige une anticipation plus longue et des compétences plus diversifiées ou mieux intégrées. En même temps une rotation des tâches doit être instituée pour que chacun puisse avoir une vue d'ensemble.

Dans la réalité les "trajectoires d'initiation" qui sont jalonnées par les conquêtes successives de l'efficacité et de l'autonomie sont très complexes et diverses selon les élèves:leur guidage est donc difficile pour le maître.

De plus, de nombreuses routines tendent à s'instaurer dans la production; les élèves réinventent facilement la spécialisation. On peut l'utiliser, pour l'instruction mutuelle, mais il faut surtout la briser en modifiant les conditions de travail lorsqu'elle est un enfermement dans la répétition.

C) Plus généralement, il apparaît une tension interne entre le "contrat", c'est à dire réaliser collectivement l'objet, ce qui rapproche de certains côtés de l'industrie avec ses exigences de rendement et de profit, et les autres buts culturels ou pratiques qui doivent faire apparaître d'autres aspects. C'est qu'ici, contrairement à l'exemple de l'initiation biologique au CES expérimental de MARLY(voir première partie), il ne s'agit pas d'un contrat d'objectifs, mais d'un projet de construction qui a une très forte "présence".

Ceci ne doit pas étonner, puisqu'on retrouve ainsi les discussions déjà anciennes sur les conditions de validité d'une éducation par le travail. Mais nous voulons souligner le fait que ces contradictions, qui sont la source de dérives possibles sont essentielles et doivent être prises en compte lors d'une évaluation (voir 3ème partie).

D) Enfin, il faut souligner qu'une initiation permet mais aussi appelle l'établissement d'un lien avec la réalité extérieure; dans le projet sont proposés : histoire du tour[1)] et analyse des machines, analyse et essais de l'objet pour rédiger une notice technique, documentation sur le travail industriel et visite d'atelier.

En effet, si la base de l'initiation est la construction de l'objet, son principe est de fournir les moyens de comparer l'expérience pratique acquise à ce propos, la réflexion théorique menée parallèlement, l'apport d'information et les contacts directs avec l'entreprise industrielle elle-même.

Si l'on prend en compte tous ces aspects, on admettra que l'authenticité recherchée ne peut être une conformité: il y a des discordances nécessaires. Mais la question est celle de la cohérence interne et externe des activités, avec elles-même et avec la pratique industrielle qui lui sert de référence. Nous pensons après cet axamen des buts et du contenu du module techniques de fabrication, qu'il n'y a à ce propos ni incohérences, ni incompatibilités: un rapport étroit, théorique et pratique, peut être conçu par les élèves entre ce qu'ils font et ce qui se passe dans le monde de l'industrie mécanique[2)]

---

1) *Histoire du tour*, document édité par le LIRESPT (rédaction J.CHABAL et J.L.MARTINAND)

2) Ceci n'épuise évidemment pas les questions qu'on peut se poser sur les buts et contenus du module: cohérence avec la formation ultérieure, liaison avec les autres disciplines (sciences physiques, sciences sociales), adéquation au développement de la personnalité. Nous les laissons ici de côté car elles nous éloignent de la question qui a été pour nous la principale. D'autre part, rappelons que l'évaluation des objectifs du module fait l'objet de la troisième partie de ce travail.

2.1.3. GENERALISATION

A) Notion de pratique sociale de référence.

Pour dégager la signification essentielle de la démarche esquissée précédemment, nous dirons qu'elle consiste à mettre en relation les buts et contenus pédagogiques, en particulier les activités didactiques, avec les situations, les tâches et les qualifications d'une pratique donnée. Il s'agit alors de ce que nous appellerons une pratique sociale de référence, renvoyant aux trois aspects suivants :

- ce sont des activités objectives de transformation d'un donné naturel ou humain ("pratique");
- elles concernent l'ensemble d'un secteur social, et non des rôles individuels ("social")[1];
- la relation avec les activités didactiques n'est pas d'identité, il y a seulement terme de comparaison ("référence").

a) Cette démarche nous est apparue nécessaire pour expliciter et discuter les raisons des choix de contenus, examiner leur cohérence interne, juger l'authenticité du reflet qu'elles proposent. Dans notre cas, l'objet à fabriquer, le matériel (outillage, machines), les matériaux, les dodument (dessins et gammes), l'organisation et la planification du travail la préparation et l'évaluation de la production, les activités fabricatrices, sont ainsi confrontés avec les aspects correspondants de l'industrie mécanique de série : les liens sont ici étroits, ce qui est nécessaire pour satisfaire les buts du module (faire acquérir des éléments de maniements des machines, donner une idée de la production industrielle, aider l'orientation scolaire et professionnelle).

La notion de pratique sociale de référence s'accorde bien avec une pédagogie du "contrat", impliquant un ensemble d'activités très diverses mais finalisées et donc cohérentes.
Mais sa portée est plus vaste : elle fonctionne essentiellement comme guide d'analyse des contenus, et par là de critique et de proposition. De même, l'idée de référence marque que nous ne pouvons et voulons pas nous attacher à une conformité étroite des compétences à acquérir avec les fonctions, les rôles et les capacités de la pratique réelle. Il s'agit avant

---

1) Ces deux aspects ont été fortement mis en relief dans les travaux de Marx : T.M. JAROSZEWSKI définition et signification du concept de "pratique" dans la philosophie de Karl MARX, *Recherches Internationales*, n°75, 1973, 29p.

tout de se donner les moyens de localiser les concordances et les différences entre deux situations, dont l'une (la pratique industrielle) est l'objet de l'enseignement et possède une cohérence qui doit être transposée dans l'école.

b) Est-il possible d'étendre l'usage de la notion de pratique sociale de référence ?

Il est évident que rien ne s'oppose, au contraire, à l'utilisation de la notion pour toute formation technologique, préprofessionnelle ou professionnelle[1]. Mais si on pense à l'ensemble de l'initiation aux sciences et techniques, puis à l'éducation scientifique, il est nécessaire, comme y invite l'idée de pratique, de prendre en compte d'autres références . Nous pensons principalement aux différents types de production industrielle (grande série, série, petite série ou même unitaire), artisanale, la recherche scientifique fondamentale ou appliquée, les pratiques domestiques, idéologiques et politiques.

Chacune de ces pratiques a sa propre cohérence, qui se traduit sur le plan des situations caractéristiques : problèmes qui se posent, types de projets, matériels disponibles, fonctions et relations des individus dans ces situations, savoirs et attitudes mis en oeuvres. Elle a aussi ses différences internes, par exemple entre qualifications et rôles sociaux[2]. Dans une application pédagogique, le choix d'une pratique de référence amène à priviligier les éléments qui lui sont essentiels ou spécifiques, donc à dévaloriser ceux qui sont liés aux autres pratiques comme on l'a vu à propos du bricolage dans le module techniques de fabrication. Or il ne semble pas possible de prendre à la fois et également plusieurs références: exclusions et différenciations doivent donc être explicites.

Dans le cas de l'initiation aux techniques de fabrication, nous nous sommes contenté de comparer situations scolaire et industrielle , supposant que les élèves concernés ne maitrisent par eux-mêmes aucune pratique. Si on veut étendre aux élèves plus agés et surtout aux adultes l'usage de la notion, il va falloir prendre en compte en plus comme autres

---

1) C'est précisement de là que nous sommes parti , avec les propositions du modèle de D'HAINAUT

2) Un exemple a été analysé en détail, celui de la construction d'architecture : J.P. EPRON, *essai d'une théorie des doctrines architecturales, l'édifice idéal et la règle constructive*, CEMPA, 1980, 519p.

références les pratiques professionnelles, domestiques, politiques, etc, auxquelles ils peuvent participer. On rejoint par là l'expérience déjà riche de la formation continue, où ces aspects sont de plus en plus présents dans "l'analyse des besoins" et la négociation des "contrats"[1]. Nous pensons aussi que le succès de la vulgarisation, où les relations avec le "public" sont beaucoup plus lâches, dépend de manière décisive du lien qui pourra être explicitement établi entre les pratiques dans lesquelles se pose un problème où fonctionne un savoir et les pratiques de départ[2].

Nous voudrions faire remarquer qu'il s'agit de difficultés beaucoup plus profondes que celles suggérées par les notions de motivation ou de représentations initiales maintenant courantes dans la didactique : avec une pratique inconnue, c'est tout un monde qui est étranger, avec ses objets, ses préoccupations, ses outils intellectuels, ses relations sociales etc.[3].

B) Propositions d'application

De manière un peu plus précise, nous voudrions esquisser certaines applications possibles.

a) la "pédagogie de l'environnement" s'est beaucoup développée ces dernières années comme manière d'intégrer les disciplines dans un curriculum. Du point de vue des pratiques sociales de référence, s'il apparait logique et légitime d'effectuer cette intégration autour d'une référence donnée et de sa cohérence, la notion d'environnement est en elle-même beaucoup trop vague pour le faire. La prise en considération d'un problème précis va imposer le point de vue d'une pratique dominante : le pire serait que ce ne soit pas explicite (on oublie facilement que la discussion politique d'implantation d'une centrale nucléaire ne mobilise pas le même savoir que la préparation technique de sa construction). La prise en compte des pratiques de références nous semble la seule voie pour aborder lucidement l'initiation à l'environnement.

---

1) J.L. CHANCEREL, ouvrage cité p. 103-117 et 119-161.
C. DUBAR, *formation permanente et contradictions sociales*, ed. sociales 1980, 223p.

2) C'est le cas en particulier dans un musée des sciences et techniques, où la référence à l'ensemble des pratiques doit être apparente pour ne pas exclure certaines catégories de visiteurs: cette "coprésence" pose sans doute un des plus difficiles problèmes de cette forme de diffusion.

3) En dehors de la didactique, mais avec des parallélismes suggestifs, le problème de la référence est au coeur de la mise en scène théatrale : A. UBERSFELD, *l'école du spectateur*, Ed. Sociales 1981, et en particulier p. 218 et p.257-268 (mais aussi ce qui est dit sur l'espace, l'objet, le personnage, le temps, le "travail du spectateur"...)

b) les discussions didactiques en sciences tournent souvent autour de l'opposition "concret"/"abstrait". Nous voudrions faire remarquer que c'est dans le cadre de référence d'une pratique sociale déterminée qu'une notion ou une opération sont concrètes ou abstraites. LANGEVIN l'avait montré de manière lumineuse il y a plus de quarante cinq ans, suggérant même les différences de signification d'une "même notion' pour des pratiques diverses [1].

Choisir comme référence la pratique domestique culinaire (qui est bien sociale, contrairement aux apparences superficielles), c'est ainsi imposer un certain concret, dans le matériel (chauffage, récipients, instruments), les objets et matières à transformer, les problèmes à se poser, les éléments et la structure du savoir, et par contraste un certain abstrait.

---

1) "Ce n'est pas seulement la notion d'objet qui, primitivement abstraite, nous est devenue familière par l'usage depuis un passé lointain; nous voyons dans notre expérience récente, des notions très abstraites et difficilement assimilables au début, se colorer de concret à mesure que se formait l'habitude, qu'elles s'enrichissaient de souvenirs et d'associations d'idées.

"Je citerai des notions comme celle du potentiel, par exemple. Dans ma jeunesse, il n'en était d'abord pas question; puis , on a commencé d'en parler avec beaucoup de prudence. Le premier qui l'a introduite dans l'enseignement était mon prédécesseur MASCART au Collège de France, il s'était fait railler, en particulier par l'abbé MOIGNO qui rédigeait un journal scientifique, "LE Cosmos", où MASCART était traité de "DON QUICHOTTE" et de "Chevalier du potentiel". Aujourd'hui , nous avons reçu la culture nécessaire et nous somme habitués. Quand on parle de la différence de potentiel entre deux bornes électriques, nous sentons de quoi il s'agit; nous avons associé cette idée à un nombre suffisant d'expériences intellectuelles ou physiologiques pour avoir coloré de concret ce qui était primitivement défini de manière abstraite par une intégrale prise le long d'un parcours entre deux points d'un champ. L'ouvrier électricien sait très bien que cette notion d'une grandeur qui se mesure en volts, correspond au fait qu'il peut être secoué s'il se trouve toucher les bornes dans les conditions favorables, ou bien au fait qu'une lampe mise entre les deux bornes rougira, s'éclairera ou sautera et qu'un voltmètre placé dans les mêmes conditions déviera. Il est tellement familier avec les manifestations concrètes de la différence de potentiel qu'il désigne celle-ci du nom familier de "jus". Cela prouve que la notion a cessé d'être abstraite pour lui".

P. LANGEVIN, La notion de corpuscules et d'atomes , Hermann, 1934, p 45-46

Il y a sûrement des rapports avec la chimie de la recherche, mais il convient d'abord de marquer les différences [1].

c) la notion de pratique sociale de référence impose donc un réexamen des contenus des disciplines d'enseignement : il n'est pas possible d'accepter sans discussion des réductions successives à partir des pratiques de recherche. Les différences entre pratiques, entre fonctions sociales à l'intérieur d'une pratique,doivent être explicitées avant de faire des choix de références privilégiées.

Ce travail, que nous avons engagé à propos de l'initiation aux techniques de fabrication, nous paraît encore plus important pour l'initiation et la formation scientifiques depuis l'Ecole élémentaire. Notre expérience est que les problèmes sont rarement posés ainsi, même dans les commissions mêlant des personnes d'origines différentes, mais ne faisant pas l'effort de "décentration" nécessaire par rapport aux pratiques familières[2]. Pourtant les décisions sur les contenus des programmes, les matériels d'enseignement, les compétences des maîtres sont d'abord des choix de pratiques de référence. Comment leur donner une cohérence et permettre la critique sans explicitation ?[3].

---

1) les différences entre structures conceptuelles scientifiques et techniques sont sont très clairement mises en évidence dans J. CAZENOBE l'onde de HERTZ considérée dans ses rapports avec celle de MARCONI, dans *Systèmes symboliques sciences et philosophie*, éd. du CNRS, 1978, p.167-178; dans le même ordre d'idées, D'HAINAUT, tout en proposant une typologie très "disciplinaire" des démarches intellectuelles et socio-affectives, insiste sur des "modes de pensée priviligiés", dont on peut penser qu'il ont un lien avec les pratiques de référence, ouvrage cité p. 75-76

2) par exemple dans la Commission Lagarrigue, les incompréhensions entre scientifiques et techniciens ont persisté très longtemps.

3) la notion de pratique de référence fonctionne avant tout comme opérateur de différenciation pour assurer une cohérence de base. Mais un enseignement a aussi pour but de maîtriser les relations entre pratiques (par exemples les transformations du savoir qui permettent de passer de la chimie à la cuisine domestique, on de l'ingénierie mécanique au travail de l'ouvrier): le problème peut maintenant être posé sur la base des différenciations mises en évidence; il n'est pas résolu.

2, 2

LE CONCEPT D'ÉLÉMENT CHIMIQUE DANS L'INITIATION AUX SCIENCES PHYSIQUES

Dans ce second problème de caractérisation des objectifs nous nous intéressons à l'explicitation d'un objectif conceptuel, celui d'élément chimique, dans le programme du nouvel enseignement de sciences physiques en cinquième[1].

Contrairement à l'initiation aux techniques de fabrication , où nous avions à choisir et justifier les buts et contenus, nous prenons ici le programme officiel comme une donnée imposant d'une part de manière explicite un concept central, celui d'élément chimique, et d'autre part la liste d'un certain nombre d'expériences obligatoires ou suggérées[2]. Le problème est donc de trouver comment le concept peut fonctionner, être défini, compte tenu des connaissances antérieures, des capacités intellectuelles, et du champ d'investigation offert à l'observation et la manipulation des élèves[3].

Le point de vue adopté est donc celui d'une analyse à priori de la matière à enseigner pour explorer le réseau des connaissances auquel peut aboutir un tel enseignement, c'est à dire déterminer les objectifs conceptuels épistémologiquement possibles. Il se distingue de celui adopté dans des travaux visant à connaître les représentations des enfants[4], ou à mettre au point, en liaison avec des essais réels, des types de cheminements didactiques pour atteindre le concept. Mais il en constitue un préalable.

2.2.1. DIFFICULTES DU CONCEPT

2.2.1.1. Carences du programme

Nous partirons des indications du programme consacrées à l'élément chimique dans la partie réaction chimique :

---

1) un premier état de ce travail a paru dans les articles suivants :
J.L. MARTINAND, R. VIOVY, la notion d'élément chimique en classe de 5ème: difficultés, ressources et propositions, *Bull. Union des Physiciens*, n° 613, Avril 79 p. 878-884
J.L. MARTINAND, niveaux de formulation conceptuelle et champ empirique de référence: exemple du concept d'élément chimique, *actes des deuxièmes journées de Chamonix sur l'éducation scientifique* (les processus de construction des concepts) 1980, p. 21-34

2) Ministère de l'éducation *sciences expérimentales classes des collèges*, horaires, objectifs, programmes, instructions, CNDP 1979, p. 22-23

3) Ce problème est en réalité analogue à celui que nous avons esquissé dans le premier chapitre de cette partie à propos de la correspondance entre transformations des machines-outils polyvalentes et analyse technologique de celles-ci. Le cas de l'élément chimique nous a imposé une étude plus approfondie et plus systématique.

4) *L'enquête sur quelques vocables d'orientation scientifiques*, Octobre 1979, effectuée par une équipe de l'E.N.S. de Saint Cloud et du LIRESPT utilise pour ce faire des techniques linguistiques pour étudier les champs sémantiques de mots comme atome, molécule, élément, matière, etc.

"La première partie est centrée sur la notion d'élément chimique dégagée à partir des exemples du carbone, de l'hydrogène, du soufre et du fer; l'étude monographique des corps simples correspondants est totalement exclue".

"1. Notion d'élément chimique.

1.1 Carbone et hydrogène

111. retour sur les combustions étudiées en première année, détection de la vapeur d'eau et du dioxyde de carbone, noir de fumée.

112. réaction du fer et de l'acide chlorhydrique, test de l'hydrogène, test du fer(par exemple : verser quelques gouttes du liquide dans de l'eau de Javel, observer le précipité).

113. charbon de sucre, charbon de bois. Combustion du fusain; existence et toxicité du monoxyde de carbone, règles de sécurité.

114. calcaire. Indications sommaires sur les fours à chaux. Retour sur la détection du dioxyde de carbone par l'eau de chaux.

115. première approche de la présence des éléments carbone et hydrogène en chimie organique et en chimie minérale.

1.2. Soufre et fer

121. combustions du soufre et du fer dans l'oxygène, détection du dioxyde de soufre, existence du trioxyde de soufre; expérience sur la composition de l'air par action de la limaille de fer à froid, la rouille.

122. Combinaison du soufre et du fer, expériences; action de l'acide chlorhydrique sur le sulfure de fer, combustion du sulfure d'hydrogène, test du fer; conservation de l'élément soufre et de l'élément fer au cours des transformations. Pour des raisons de sécurité, les expériences 122 seront réalisées par le professeur."

Comme d'habitude, les textes des programmes fournissent un cadre, qui ne répond pas à la question : qu'est ce que l'élément chimique au niveau de la 5ème ?. Les instructions annexées ne donnent que des conseils pédagogiques généraux.

Pour poser plus concrètement le problème et prendre conscience des difficultés, le mieux est de se reporter à la "fiche documentaire" pour les maîtres, un texte semi-officiel[1]. On peut y lire[2].

"La rubrique chimie du programme de 5ème est centrée sur l'élément chimique. On notera cependant que les différentes notions théoriques sur la structure de la matière - atomes, molécules, ions, électrons - ne sont pas au programme.

1) Ministère de l'éducation, CNDP, *fiche documentaire*, sciences expérimentales, classe de 5ème, n°5, Septembre 78, les éléments chimiques p.26-31
2) Texte cité p.24

Il ne faut voir là aucune contradiction. En classe de 5ème, les élèves, en majorité, n'ont pas encore atteint le stade intellectuel qui leur permettrait de bien comprendre la structure intime de la matière[1]. Ils compléteront au cours de cette année leurs premières notions sur les réactions chimiques, en mettant surtout l'accent sur le côté expérimental qui leur est directement accessible[2]. Sur le plan théorique, il faudra se limiter à à deux objectifs fondamentaux :

- faire comprendre qu'une réaction chimique est une transformation qui affecte la nature des corps;
- faire comprendre aussi que la matière se conserve, c'est la première loi de la chimie, la loi de Lavoisier.

"L'étude quantitative des réactions chimiques permettrait de montrer la conservation de la matière; mais cette étude exige des moyens qu'il n'est pas possible de mettre en oeuvre au collège. Par contre, on peut facilement montrer la conservation de la matière en suivant un même élément chimique au cours des diverses transformations.

"Les pages qui suivent comportent deux parties distinctes :

- des notions théoriques sur la structure de la matière; il va de soi que ces notions ne seront pas étudiées en classe de 5ème[3]

- des informations d'ordre expérimental directement utilisables avec les élèves".

Nous citerons encore la conclusion[4].

"L'information précédente concernant la structure de la matière est destinée au seul usage des professeurs. Elle a pour but d'aider l'enseignement du programme de 5ème en précisant bien la notion d'élément chimique et en fournissant des données pour l'interprétation théorique des réactions de test des éléments.

"Nous retiendrons les résultats suivants :

-

- élément chimique : ensemble d'atomes dont les noyaux contiennent le même nombre de protons; un élément est caractérisé par un seul nombre Z et son symbole ${}_{Z}X$ (pour une valeur de Z il existe, souvent plusieurs valeurs de A).
- corps pur : ensemble d'édifices chimiques de composition parfaitement définie; il peut s'agir d'édifices atomiques, de molécules $X_n Y_m$ ou d'ions de formule X^{m+} et Y^{n-}".

On peut s'étonner de ce qu'un exposé aussi manifestement hors sujet ait pu être proposé aux enseignants pour les "aider".

---

1) en réalité, comme le montre une étude faite à notre demande en classe de CM, dans le cadre des recherches INRP, il est possible d'enseigner un modèle particulaire assez tôt; cela demande seulement du temps, beaucoup de manipulations, pour que les élèves ressentent le besoin et leur incapacité à interpréter; l'apport d'un modèle par le maître est alors fructueux, conduisant les enfants à se poser de nouvelles questions. Comme souvent, il n'y a pas impossibilité à enseigner une notion, le problème est celui des conditions de réussite. R. MARESCOT, *les combustions*, rapport interne INRP.

2) ce n'est pas vrai : l'on en reste à la manipulation (recette) et à une description superficielle; une véritable expérimentation est liée à une élaboration conceptuelle.

3) souligné par nous

4) texte cité p. 28

2.2.1.2. Ambiguités des chimistes.

A) Présentations didactiques

Mais cette carence n'est que la conséquence de l'inadaptation des manuels de chimie au nouvel enseignement de 5ème. Voici par exemple quelques énoncés qui se présentent comme des définitions de "l'élément chimique dans la génération 1978 des manuels pour la classe de seconde. On constatera qu'ils n'apportent aucune aide non plus[1] :

- "Nous sommes ainsi conduits à imaginer une entité qui se retrouve dans le cuivre et tous ses composés; à cette entité, les chimistes ont donné le nom d'élément. L'élément cuivre est ce qui existe dans le métal cuivre et dans tous ces composés : sulfate de cuivre, nitrate de cuivre, oxyde de cuivre... Cette notion d'élément est concrétisée par une particule qui est l'atome de cuivre. Les atomes de cuivre, plus ou moins modifiés, combinés à d'autres atomes (azote, oxygène dans le nitrate, soufre, oxygène dans le sulfate, oxygène seulement dans l'oxyde noir) sont un constituant permanent des composés de cuivre"[2]

- "Un corps simple est formé d'un seul élément. Ainsi le corps simple cuivre ne contient que l'élément cuivre.
  Par contre, un corps composé est formé de deux ou plusieurs éléments
  Nous dirons que les corps composés oxyde cuivrique, dioxyde de carbone et eau ont un constituant commun : l'élément oxygène (et non pas le corps simple oxygène)."[3]

- "Les atomes de l'hydrogène normal, de deutérium et de tritium possèdent le même nombre de protons (même valeur de Z); nous dirons qu'ils sont diverses formes du même élément: l'élément hydrogène, symbolisé par la lettre H. C'est le nombre Z qui caractérise l'élément"[4]

- "Le gaz oxygène (ou dioxygène) se combine à des métaux tels que le magnésium, le sodium, le fer et à des non-métaux tels que le soufre, le phosphore, l'hydrogène.

  "L'élément oxygène est ce qui est commun à tous les oxydes formés et aussi au gaz oxygène"[5]

- "L'ensemble des éléments présents dans les corps purs entrant en réaction chimique se retrouve dans les corps purs finals (principe de conservation des éléments). Nous verrons plus loin l'interprétation atomistique de

---

1) en réalité ce fait est général; pour leur enseignement, les maîtres ont besoin d'avoir exploré *systématiquement, au niveau où ils doivent l'enseigner,* la structure conceptuelle du programme et ses rapports avec les données empiriques et les opérations intellectuelles. C'est ce que font rarem les "guides du maître", et encore moins les "recyclages" habituels.
2) *Sciences physiques,* 2ème CT, Hachette 1978, p.11
3) *Physique et chimie,* 2ème CT, Baillières 1978, p. 167
4) *Initiation à la chimie moderne,* 2ème ACT, Belin 1978, p.26
5) *Chimie,* 2ème ACT, Nathan 1978, p. 20

cette loi qualitative ainsi qu'une extension quantitative due également à Lavoisier (conservation de la masse)"[1]

- "Les épinards contiennent du fer
  - "Il y a du fer dans l'hémoglobine du sang
  - La tour Eiffel est construite en fer

  "Dans chacun des cas le fer ne se présente pas sous le même aspect:métallique dans un cas, sous forme de combinaison dans les autres. Mais on dira dans chaque cas qu'on est en présence de l'élément fer.

  "C'est le nombre Z de protons contenus dans le noyau atomique qui caractérise l'élément. Ainsi le noyau de l'élément fer contient 26 protons. Chaque élément porte un nom auquel est associé un symbole chimique"[2].

- "L'équation-bilan établit donc le bilan de la réaction aussi bien à l'échelle microscopique qu'au niveau moléculaire.

  "Elle traduit aussi la conservation des éléments au cours de la réaction"[3].

Lorsqu'on compare ces différents textes, on s'aperçoit que les points de vue "atomistiques" et "élémentaires" sont en concurrence, parfois à l'intérieur d'un même ouvrage; le plus caractéristique à cet égard est le Dictionnaire de physique et chimie, où l'on constate de nombreuses ruptures logiques correspondant au passage d'un point de vue à l'autre, ou plus exactement de questions sur la structure de la matière à des questions sur les réactions chimiques[4]. Au sens linguistique du terme, il y a confusion entre deux référents.

Au delà de ces ambiguités, on en trouve d'autres, sur le mode d'existence, le statut de la notion d'élément; les verbes employés les signalent : "exister dans", "ne contenir que", "être forcé de", "être commun à", "être en présence de".

Les causes de cet état de fait sont faciles à comprendre. Tout le monde est convaincu aujourd'hui de l'existence des atomes, des noyaux, des électrons, et l'usage de ces notions paraît une nécessité et une aide

---

1) ouvrage cité p.22
2) *Dictionnaire de physique et de chimie*, 2ème Hachette 1978, p. 150
3) ouvrage cité p. 154
4) ainsi lorsqu'en "application" de la "définition", on pose l'exercice suivant (Dictionnaire, ouvrage cité p. 154)"lorsqu'on chauffe fortement du sucre, il y a formation de vapeur d'eau et d'un résidu noir de carbone. De quels éléments se compose le sucre?" En l'absence d'explication de la correspondance entre les deux lois de conservation des noyaux d'une part, et de conservation des éléments de l'autre, dans les réactions chimiques, comment comprendre la logique de cette application?

évidentes. En réalité, pour les réactions chimiques, les choses ne sont pas si simples : s'il est vrai que les noyaux, et même les couches électroniques profondes - ce qui est une autre complication - sont conservés dans les réactions chimiques, on ne peut en dire autant, sans précaution, des atomes eux mêmes[1]. Il faut aller assez loin dans la structure électronique pour retrouver une interprétation correcte de la conservation des éléments.

B) Emergence historique

La notion d'élément chimique a une très longue histoire[2]. Sans même remonter aux éléments principes, la mise en place correcte de l'ensemble conceptuel corps simple - corps composé - élément occupe les chimistes pendant très longtemps jusqu'à la fin du XIXème siècle[3]. Pour eux, les questions sont embrouillées par les disputes entre atomistes et anti-atomistes, et stimulées par la précision de plus en plus grandes des expériences quantitatives, et l'extension de l'ensemble des corps et réactions connus.

Nous emprunterons à W. OSTWALD une esquisse de cette histoire, intéressante pour nous puisque l'auteur ne s'appuie pas sur l'atomisme :

- "La pierre philosophale, qui devait transformer en or les métaux communs, joue par là dans l'histoire de la chimie un rôle analogue à celui du mouvement perpétuel dans l'histoire de la physique. Quand on eut bien reconnu qu'il n'était pas possible de réaliser expérimentalement le mouvement perpétuel, on fut amené au plus grand progrès de la physique du XIXème siècle : la découverte de la loi de conservation de l'énergie; de même, l'impossibilité de la transmutation des métaux a conduit à la loi de conservation des éléments. Cette loi fondamentale de la chimie a une très grande importance pour la classification des combinaisons; pourtant, elle n'a pas encore acquis une importance générale analogue à celle de la loi de l'énergie, et ne pouvait guère l'acquérir".

---

1) "l'hypothèse atomique présente une difficulté essentielle qui n'avait pas échappé à BOYLE. Si les atomes restaient inaltérés dans leurs combinaisons, il serait naturel que les propriétés des combinaisons fussent les sommes ou les moyennes valeurs convenablement formées des propriétés des éléments", W.OSTWALD, *l'évolution d'une science, la chimie*, Edition Flammarion 1909, p.15

2) G.URBAIN, *les notions fondamentales d'élément chimique et d'atome*, Gauthier Villars, 1925
M. SADOUN-GOUPIL, évolution historique de la notion d'élément chimique, *cahiers de Fontenay n° 16*, sciences physiques, mélanges didactiques p.9-18
B. BENSAUDE-VINCENT, comment définir l'élément chimique, point du vue du XIXème siècle, revue citée p. 19-33
B. BENSAUDE, *les pièges de l'élementaire*, thèse de Doctorat d'Etat ès lettre Université Paris I, 1981

3) La présente esquisse est limitée à ce problème; nous aborderons plus loin celui de la "relativité" du concept

- "On apprenait à connaître de plus en plus les groupes de corps apparentés qui se tirent d'un corps donné ou peuvent reproduire ce corps par transformation, et on reconnaissait en eux des familles naturelles. On comprenait ainsi qu'on ne peut pas communiquer à un corps donné des propriétés quelconques, mais que celles qu'on peut lui communiquer dépendent absolument du corps d'où l'on part; on ne pouvait plus considérer les propriétés comme des éléments ou principes, dont la réunion forme les corps, mais il fallait chercher dans les corps eux-mêmes ces éléments ou principes d'où dépend la constitution des produits.

"C'est ainsi que le concept d'élément évolua de plus en plus de la propriété abstraite vers la matière concrète".

- "La loi qui marque ces progrès ne fut connue que progressivement et elle n'a trouvé que très lentement son expression complète. Plus tard, cette loi a toujours été acceptée tacitement sans être formulée d'une façon spéciale; c'est seulement dans ces derniers temps que l'on a commencé à l'énoncer expressément. Nous l'appelons la loi de conservation des éléments: si des corps quelconques sont donnés et si l'on détermine la nature et la masse des éléments de ces corps, aucune réaction, qu'elle qu'elle soit, ne peut modifier la nature ni la masse des éléments. En d'autres termes, l'analyse élémentaire d'un système chimique donné, conduit toujours au même résultat, quels que soient les phénomènes physiques ou chimiques qui se passent à l'intérieur du système. Evidemment, cela limite beaucoup les représentations qu'on pouvait se faire auparavant relativement à la constitution des corps"[1]

On retiendra de cette longue citation l'idée que la notion moderne d'élément est liée de manière essentielle à leur conservation lors des réactions chimiques. De ce point de vue, on remarquera que la définition souvent donnée, "l'élément est ce qui est commun à un corps simple et à ses composés" est ambigue : c'est une manière de ne pas choisir entre propriétés élémentaires[2] et loi de conservation. Elle tendra a être interprétée dans le premier sens, conforme à une pensée par attribut, et non dans le second, conforme à une pensée relationnelle, qui ici comme ailleurs, marque un progrès important de la science. C'est cette pensée relationnelle qui fait déboucher sur le système périodique des éléments[3].

Un progrès important dans la compréhension de la notion d'élément est la distinction nette entre :

- corps simple, terme de l'analyse chimique, donc concept empirique étroitement rattaché aux techniques d'analyse et aux tests de reconnaissance, et qui est la seule notion réellement dégagée par Lavoisier;

---

1) W. OSTWALD, pouvrage cité p. 8-9,10,11-12

2) qui existent évidemment, dans les spectres de rayons X, mais donc en dehors du domaine des réactions chimiques.

3) E. CASSIRER, substance et fonction, 1910, traduction, Ed. Minuit, 1977, p. 236-254

- et élément, concept abstrait, base d'un interprétation théorique des réactions chimiques.

C'est MENDELEIEFF qui a eu le premier la conscience la plus claire de cette distinction:

"Les relations périodiques que nous avons énumérées plus haut appartiennent aux éléments et non aux corps simples; cela est important à connaître, car les poids atomiques sont propres aux éléments, les corps simples et les corps composés ont leurs poids moléculaires."

Or il est intéressant de noter que cette distinction a mis très longtemps à s'imposer.

Ainsi l'édition de 1905 du traité élémentaire de chimie de TROOST et PECHARD dit, à propos des "corps dont on n'a pu jusqu'ici retirer qu'une seule espèce de matière": "ces derniers corps sont appelés corps simples ou éléments"[1]. La 24ème édition de 1948, remaniée par G. CHAMPETIER, corrige : "on appelera élément le principe matériel commun à un corps simple et à tous ses composés"[2].

De nos jours encore, ceux qui donnent une définition de l'élément par le nombre de protons favorisent la confusion. Pour ne donner qu'un exemple, un manuel très employé, présentant une définition d'ailleurs très discutable remontant à BOYLE et LAVOISIER (un élément est une substance qui gagne toujours du poids dans une transformation chimique), parle "d'éléments métalliques, gazeux, liquides et solides"[3].Par contre il fait remarquer avec rigueur que les atomes dans les molécules ne sont pas identiques à l'atome libre[4].

Le traité de chimie générale d'URBAIN, qui fut dans les années 1920 Président de la Commission Internationale des éléments chimiques et qui a eu à ce titre des responsabilités particulières dans l'évolution de la définition du concept en fonction des progrès de la chimie, donne une des analyses les plus lucides :

"Qu'on fasse ou non appel à l'idée d'atome, la notion d'élément - considérée comme distincte de celle de corps simple -, présente à priori un certain caractère métaphysique. En tant qu'espèce, nous connaissons les corps simples, puisque les espèces sont définissables par un large ensemble de propriétés. Jusqu'ici, nous ne savons, des éléments, rien qui soit d'un caractère rigoureusement positif. L'idée d'élément n'est encore pour nous qu'une notion dérivée, introduite dans la science par voie d'hypothèse pour écarter celle de transmutation à laquelle les premiers chimistes s'étaient ralliés"[5]

1) L. TROOST, E. PECHARD, *traité élémentaire de chimie*, Masson 1905 p.3
2) L. TROOST, E. PECHARD, *traité élémentaire de chimie*, Masson 1948 p. 15
3) HB. GRAY, GP.HAIGHT, *Basic Principles of Chemistry*, New York, Benjamin 1967 p. 13
4) HB. GRAY, GP. HAIGHT, ouvrage cité p.20
5) G. URBAIN, JOB,ALLARD, CHAMPETIER, *traité de chimie générale*, Hermann 1939 p. 28

Pour terminer ces brefs rappels, sur l'élaboration de la notion d'élément chimique, il convient de noter que le problème n'est plus d'actualité brûlante dans la recherche chimique. Une interrogation comme celle de DE MAISTRE - "l'oxygène s'appelant ainsi (bien ou mal) parcequ'il produit l'acide, il se trouve que l'agent qui produit l'acide a la propriété remarquable de ne pas posséder l'acide, ce qui me paraît merveilleux; mais comme je ne suis pas du métier, je m'en tiens à l'admiration "[1] n'intéresse donc plus les chimistes. Mais c'est précisement une question à laquelle il faut être capable de proposer une réponse au niveau du programme de chimie de 5ème, ou pour le "public" de la vulgarisation.

Si on n'a pas trouvé dans l'histoire de période qui donnerait toute faite cette réponse, nous pensons cependant être maintenant suffisamment "armé" pour dégager des propositions précises.

2.2.2. PROPOSITIONS POUR L'INITIATION

2.2.2.1. Proposition de définition

A - Le besoin d'un concept

a) Le domaine des réactions chimiques.

"Le but principal de la chimie contemporaine est d'approfondir les rapports entre la composition, les réactions et les qualités des corps simples et composés, d'une part, et les qualités intrinsèques des éléments qui y sont contenus d'autre part, pour pouvoir déduire du caractère déjà connu d'un élément, toutes les propriétés de toutes ses combinaisons"[2]. Cette affirmation de MENDELEIEFF est pour nous fondamentale : elle fixe la problématique de la chimie de l'époque, jusqu'aux débuts du XXème siècle, en tant que science des réactions chimiques.

Plus précisement, elle fait apparaître le concept d'élément comme le pivot théorique qui organise l'ensemble des principales réponses aux questions qui surgissent dans le cadre de la pratique et des connaissances des chimistes du XIXème siècle, en référence aux analyses et aux réactions qu'ils sont capables d'effectuer en chimie minérale et organique. C'est la relative autonomie de ce "domaine chimique" qui justifie ce concept particulier. En même temps, son extension dépasse la prise en compte des seules

---

1) J. DE MAISTRE, *examen de la philosophie de BACON*, cité dans G.BACHELARD, *le matérialisme rationnel*, PUF, 3ème édition 1972, p. 77.
2) D. MENDELEIEFF, la loi périodique des éléments chimiques, *Moniteur scientifique, 1879*, d'après B. BENSAUDE, article cité p 29.

propriétés physiques des corps pour s'intéresser aux propriétés chimiques ("affinité","atomicité") : c'est ce qui fait la différence entre le système périodique "chimique" des éléments de MENDELEIEFF, et les systèmes périodiques "électroniques" des atomes de la physique des débuts du XXème siècle.A ce niveau, contrairement aux affirmations habituelles maintenant, c'est le concept d'atome qui se rattache à celui d'élément, et non l'inverse : à chaque élément correspond une sorte d'atome[1].

Il résulte de ces remarques qu'un programme imposant l'étude de réactions chimiques assez simples comme celles prises en compte par MENDELEIEFF impose théoriquement le concept d'élément pour les interpréter.

b) enseigner les réactions chimiques.

C'est bien la situation correspondant au programme :

- en 6ème ont été vues les propriétés et transformations physiques (mélanges, changements d'état), des expériences sur les combustions, avec quelques réactions test.
- en 5ème sont proposées des réactions chimiques, avec oxygène, carbone, hydrogène, soufre, fer...
- en 4ème sont introduits métaux, ions, atomes et électrons, en 3ème le modèle atomique, les corps moléculaires et les réctions entre solides.

Le choix des concepteurs pour la 5ème est donc clair : il faut faire des réactions chimiques, donner ainsi un référent empirique commun aux élèves et organiser la compréhension par les concepts de corps simples corps composé et élément, avant de passer à des modèles de structure.

D'autres orientations sont possibles. Par exemple, le projet américain Initiation aux sciences physiques privilègie les modèles de structure pour représenter et expliquer les phénomènes physiques (propriétés et changement d'états), puis chimiques[2]. En réalité, la chimie des réactions est presque absente; c'est sans doute parce qu'on se donne ainsi les moyens de penser spéculativement les transformations moléculaires mais sans s'être posé les problèmes du chimiste, et sans construire de lien entre les données empiriques et l'interprétation, entre les phénomènes manipulables et le modèle théorique. Il y a "court-circuit". Mais on peut penser que les difficultés n'ont été que déplacées : à moins de repousser très loin l'étude de la chimie, il faudra bien à un moment ou un autre construire les concepts à des fins à la pratique des manipulations chimiques et de l'analyse qualitative et pondérale.

---

1) Compte non tenu de l'isotopie.

2) *Initiation aux Sciences Physiques*, traduction fr. Introductory Physical Sciences, Ed. du Renouveau Pédagogique, Montréal

Un tour d'horizon des différentes orientations étrangères sur ce point semble faire ressortir une certaine incompatibilité de fait entre les deux voies dans l'initiation aux sciences physiques :

- compréhension opératoire des réactions chimiques ;
- modélisation structurale de la matière[1].

Pour le dictaticien, qui n'a pas à choisir ici entre les deux voies[2] mais à chercher à quelles conditions l'initiation peut être réussie, le concept d'élément apparaît donc bien comme une nécessité du programme de 5ème.

B - Définition du concept

Rappelons que le concept doit être défini en dehors de toute notion atomique. A ce sujet, le programme facilite plutôt la conceptualisation, puisque, mise à part la conservation globale de la masse lors des réactions chimiques, il exclut la prise en compte des relations pondérales. Or ces dernières peuvent inciter à une modélisation granulaire et renforcer ainsi la tendance à la recherche de structures particulaires cachées. Le concept d'élément sera donc uniquement qualitatif.

Nous proposerons alors la définition suivante, adéquate au niveau de 5ème, mais provisoire: à chaque corps simple correspond un élément, qui est ce qui se conserve dans la réaction chimique.[3]

a) le signifié.

Derrière cette formulation condensée, un certain nombre d'idées sont rassemblées, que nous expliciterons ici de manière plus détaillée en faisant ressortir ce qui est affirmé, nié ou non dit :

- le concept d'élément concerne le domaine des réactions chimiques, c'est à dire un domaine empirique de transformations de la matière pour lequel la loi de conservation de la substance, et donc la notion corrélative de substance mises au point pour les transformations "physiques" ne sont plus adéquates. Dans le programme des collèges, c'est en 6ème que sont abordés ces aspects, qui débouchent sur les notions de mélange et corps pur, la substance correspondant à chaque corps pur étant conservée dans les changements d'état.

---

1) il est intéressant de noter à ce propos que le grand *Dictionnaire de chimie* de WURTZ ne comporte pas d'article élément, ni dans les premiers volumes, ni dans les suppléments. Par contre la conception atomiste est longuement justifiée. Il en est de même dans A. WURTZ. *La théorie atomique* F. Alcan 3ème Ed. 1879, où la confusion élément-corps simple subsiste.

2) les deux points de vue ont leur intérêt propre: introduction d'un modèle, ou familiarisation avec les réactions chimiques. D'après les travaux effectués à l'INRP et au LIRESPT, chacun présente des difficultés spécifiques pour les élèves.

3) à un niveau supérieur, un élément pourra correspondre à plusieurs corps simples

- dans le domaine chimique, les corps purs réinterprétés comme "espèces chimiques" peuvent être différenciés par analyse chimique en corps simples et corps composés. Du point de vue de l'analyse, un élément est commun aux corps simples et composés donnant les mêmes tests.

Dans le programme de 5ème, on suggère des propriétés qui sont à la base de tests spécifiques.

- l'idée fondamentale est que le concept d'élément s'oppose à l'admission de la transmutation l'une dans l'autre des substances simples : dans le domaine chimique, c'est à dire avec des réactions chimiques, il y a impossibilité à aboutir à une transmutation. On ne peut donc pas obtenir "n'importe quoi à partir de n'importe quoi", et il faut retrouver à la fin un élément présent au départ, contrairement à tout métamorphisme (au sens psychologique du terme).

- la notion qualitative d'élément ainsi définie suggère que des propriétés communes aux corps simples et composés, peuvent être attribuées aux éléments, mais elle laisse de côté de multiples problèmes qualitatifs et quantitatifs qu'elle pourra éclairer lors d'approfondissements ultérieurs: lois pondérales, thermodynamiques, cinétiques.

b) les limites

Il est hors de doute qu'appliqué aux réactions du programme de 5ème, le concept a une validité absolue. Mais toute extension du champ de référence empirique exigera des reformulations. Historiquement, G. URBAIN a abordé certains aspects très importants de ce problème, montrant bien le caractère relatif des définitions [1]. Nous examinerons ici quelques unes de ces modifications.

- dès le programme de 4ème, la "chimie dans l'eau" entraîne à introduire les ions pour comprendre le couplage réaction chimique-courant électrique. On pourrait, pour maintenir la définition précédente, introduire l'électricité ("électron") comme "protoélément" et bâtir une interprétation cohérente, que le programme et le bon sens récusent au profit de premiers modèles particulaires.

---

1) G. URBAIN, *les notions fondamentales d'élément chimique et d'atome*, ouvrage cité

- la chimie organique (programme de 3ème) va suggérer des parentés entre certains radicaux" et les éléments (même type de définition), mais en montrant que la notion qualitative s'arrête à des niveaux assez grossiers de compréhension.

- la recherche de propriétés élémentaires (second cycle) va conduire à attribuer aux éléments des masses atomiques, à partir des lois de combinaison, et surtout des spectres optiques, en particulier des spectres X. Cela débouchera finalement sur des modèles des noyaux et des cortèges électroniques qui permettront de retrouver comme approximations des lois de conservation qualitatives et quantitatives.

- le prise en compte des isotopes va affecter l'élément, et imposer une délimitation précise du domaine des réactions chimiques. Plus grave, la radioactivité naturelle semble remettre en cause la loi fondamentale. En réalité, il existe une approximation où l'équivalence chimique des isotopes et l'indifférence de la radioactivité aux combinaisons chimiques assurent la validité de la notion d'élément.

Progressivement, ces réorganisations vont donc obliger à redéfinir le domaine de référence : il n'apparaîtra plus comme un donné empirique et pratique, mais justement comme le champ de validité relative de la notion. Il se trouve que les échelles de niveaux énergétiques dans le monde matériel lui donnent une importance capitale, et une autonomie, qui justifient à nos yeux, outre son intérêt pratique, sa prise en compte précise dans une initiation scientifique.

A - Fonctionnement du concept

Plus abstrait que les concepts empiriques de corps simple et composé, car d'ordre théorique, le concept d'élément est le "coeur" d'un système opératoire qu'il permet de faire fonctionner et qui lui donne en retour sa complète signification.

a) systèmes opératoires

Dans le programme de 5ème, les réactions affectant un élément donné peuvent être enchainées et décrites par des organigrammes : le guide du maître de la collection Libres Parcours en explicite certains (annexe II b), pour le soufre, le fer et le carbone. Les organigrammes rendent manifestes les "faits" suivants :

- on peut, par des réactions déterminées faire apparaître des corps simples ou leurs composés;

- en analysant les corps composés, on retrouve les corps simples;

- on peut "boucler" les enchaînements de réactions jusqu'à des cycles fermés;

- on peut donc dans certains cas "renverser" une réaction;

- on peut "suivre" par des tests, avec des résultats permanents, certaines étapes intermédiaires.

Ceci suggère fortement des systèmes opératoires (opération, inverse, identité, cycle), complexes, car différents pour chaque élément et reliés entre eux par les combinaisons d'éléments. La structure du système pour un élément peut être pensée par analogie et différence avec celle qu'on peut associer au concept de substance pour les changements d'état. Il existe en même temps un fond logique commun, mais aussi des conditions d'application aux réactions chimiques, qui font toute la diversité de la chimie.

Ce rapprochement avec les transformations physiques, qui ont fait l'objet d'investigations psychogénétiques (dissolution du sucre, fusion de la bougie, évaporation)[1], n'est pas fortuit; OSTWALD l'avait souligné : "en même temps que le concept d'élément s'éclaircissait et se fixait le concept de substance se formait aussi[2]".

b) objectifs conceptuels.

La question du "fonctionnement" du concept, c'est à dire des types d'énoncés dans lesquels le mot élément, ou des dénominations d'éléments, peuvent entrer, des types correspondants de relations que les éléments peuvent entretenir entre eux, et des réactions chimiques réelles qui leur servent de référent, est la question décisive pour l'élucidation de notre problème: sa maîtrise constitue l'objectif conceptuel essentiel correspondant au programme de 5ème.

Nous rejoignons à ce stade les analyses très fines de d'HAINAUT sur les opérations cognitives, et qu'il applique d'ailleurs à des exemples tirés de la chimie[3]. On constate alors que dans le fonctionnement du concept

---

1) J. PIAGET, R. GARCIA, *les explications causales*, PUF, 1971, p.36-43

2) W.OSTWALD ouvrage cité p.15. Comme pour les problèmes analogues avec la substance, le système opératoire permet de répondre à l'interrogation sceptique de BAYLE; "une considération sur laquelle je désire attirer l'attention est celle-ci : qu'il n'est pas sûr, ainsi que les chimistes et les péripatéticiens l'ont avancé, que chaque substance homogène ou distincte, séparée d'un corps par l'aide du feu, persistait dans ce corps comme principe ou élément (d'après M. SADOUN, article cité p. 15)

3) D'HAINAUT *des fins aux objectifs de l'éducation*, Nathan, 1980, p.182-216

d'élément au niveau de 5ème, tous les "opérateurs de conceptualisation" (structure logique d'attributs, relation de définition), tous les processus de conceptualisation (synthétique ou extensive, et analytique ou compréhensive) sont en fait nécessaires. Le "niveau de la 5ème" n'est donc pas défini par des hiérarchies d'opérations intellectuelles, mais par les besoins divers de la pensée scientifique aux prises avec un certain domaine, ici certaines réactions chimiques. Mais, à partir de la caractérisation que nous venons d'effectuer, le modèle de D'HAINAUT des actes intellectuels élémentaires, et sa typologie des problèmes, permettraient une opérationnalisation éventuelle.

2.2.2.2. Aspects de l'initiation

Les conséquences de l'analyse précédente, engagée lors de la préparation par une équipe du LIRESPT des ouvrages pour la 5ème de la collection Libre Parcours, se retrouvent dans les textes du guide du maître et les articles sur la chimie de la partie encyclopédique du manuel élève. Nous donnons dans l'annexe II b d'une part des extraits des commentaires sur les réactions chimiques pour les maîtres, et d'autre part les articles corps composés, corps simples et élément de l'encyclopédie[1)].

Nous aborderons maintenant trois problèmes discutés à cette occasion.

A - L'appropriation

On a pu se convaincre précédemment du fait que le concept d'élément, même s'il reste qualitatif, est théorique et abstrait. Non connu des enfants, même comme terme de la chimie[2)], difficile pour les adultes eux-mêmes[3)], il n'est pas vraisemblable qu'il puisse être inventé par les élèves. Il doit leur être exposé tout entier, et assimilé progressivement en le confrontant à la réalité et aux idées qu'ils se font des choses. Seule une méthode de transmission et un processus de réception peuvent être imaginés pour cette appropriation.

Or, à l'âge des élèves de 5ème, une telle démarche est encore risquée, bien qu'elle ne puisse être exclue, puisqu'elle prendra de plus en plus de place au cours des études, pour devenir le principal mode de formation

1) on remarque que l'article élément invoque l'existence "d'analyseurs" : cela renvoie à l'utilisation des spectres et n'est donc pas explicitement au programme. Mais c'est un moyen de donner un certain "poids de réalité" à un concept très abstrait en suggérant des propriétés caractéristiques.
2) l'enquête citée sur quelques vocables d'orientation scientifique montre que l'acception la plus courante correspond au mobilier, que le concept mathématique est mal employé et la signification chimique ignorée.
3) les manuels cités précédemment et ceux rédigés pour la 5ème le montrent bien!

de l'adulte. A quelles conditions y a-t-il quelques chances de réussite ? En nous limitant aux problèmes liés au contenu didactique, nous examinerons trois questions[1)].

a) le rôle du problème. Tout énoncé scientifique est la réponse à un problème. Or les problèmes scientifiques auxquels on répond avec le concept d'élément ne sont pas en général les questions ou suppositions particulières qui servent de point de départ à une activité : que voit-on lorsqu'on fait "brûler" du fer et du soufre? Comment réussir la réaction? Il est nécessaire de poser des questions beaucoup plus générales: peut-on retrouver le soufre lorsqu'on l'a combiné au fer ? le fer est-il aussi récupérable ? peut-on trouver d'autres corps simples lorsqu'on est parti de soufre et de fer ? y a-t-il des analogies entre l'hydrogène et le fer par rapport aux réactions qu'ils peuvent avoir avec le soufre ? etc.

Une condition fondamentale de succès est que les élèves se soient familiarisés suffisamment longtemps avec les réactions pour qu'ils arrivent à se poser, ou puissent comprendre de telles questions.

b) rôle des manipulations. Dans cette familiarisation, les manipulations jouent un rôle essentiel. Il est d'abord de rendre nécessaire le concept. Il ne s'agit pas de le valider - il faudrait beaucoup plus d'expériences pour cela - mais, en faisant apparaître l'impuissance des élèves à organiser et expliquer sans contradictions les observations, de susciter étonnement, inquiétude intellectuelle, besoin d'information scientifique apportée par le maître. L'expérimentation aura alors servi à dégager les questions auxquelles répond le concept.

Ensuite, il s'agit de le rendre plus concret en permettant à chaque élève de l'appliquer pour décrire la réalité complexe rencontrée lors des expériences et justifier dans la mesure du possible les "recettes expérimentales" et "commentaires théoriques" que le professeur a dû donner pour "faire réussir" les réactions. Au cours de ces activités, concept et problèmes évolueront, comme dans la recherche scientifique : à condition que cette évolution soit explicitée et assimilée par chaque élève.

---

1) certains aspects ont été développés par nous dans l'avant-propos du *guide du maître 5ème*, de la collection Libres Parcours, p. 7-9

c) rôle de l'analogie. Nous avons souligné précédemment les relations analogiques entre les systèmes opératoires fondés sur la notion d'élément, et ceux fondés sur la notion de substance. Pour nous, ces analogies doivent être explicitées et utilisées. Le programme de 5ème exige donc une bonne conceptualisation des propriétés physiques abordées en 6ème.

De manière plus fondamentale, c'est le contrôle de ces relations d'analogie et de différence qui prépare l'introduction ultérieure de modèles et théories plus complexes : l'apprentissage imitatif d'une définition de l'élément ne serait pas au bout du compte un gain de temps.

B - la symbolisation

Une autre question est celle de la symbolisation. Elle est importante dans l'enseignement, et malheureusement programme et instructions de 5ème ne donnent aucune indication , sinon de ne pas utiliser les symboles des éléments. Elle a pourtant joué dans l'histoire de la chimie un rôle fondamental jusqu'à nos jours[1].

a) correspondances.

En chimie, on dispose de différents systèmes symboliques :

- nomenclature, plus ou moins éloignée de celle des droguistes, et plus ou moins élaborée du point de vue de l'expression des combinaisons ou de la représentation des structures moléculaires. Cette nomenclature est normalisée par des conventions internationales ;

- différentes représentations graphiques, depuis l'écriture de la nomenclature jusqu'aux graphismes symboliques structuraux.

---

1) On peut s'en rendre compte,en dehors des mémoires célèbres de LAVOISIER, au fait que des ouvrages consacrent une place décisive à la nomenclature par exemple :
E. GRIMAUX *théorie et notations chimiques*, premières leçons professées à l'Ecole Polytechnique, Dunod, 1884, où les notations de BERZELIUS , LIEBIG, DUMAS, GERHARDT, BERTHELOT sont confrontées à la théorie atomique.
G. CHAMPETIER, *les éléments de la chimie*, A. Michel, 1943, dont la première partie est intitulée symbolisme chimique.
Des travaux d'histoire et d'épistémologie abordent la question. Nous retiendrons : F. DAGOGNET, *tableaux et langages de la chimie*, Ed. Seuil, qui étudie le développement du projet Lavoisien "et nous intéresse donc particulièrement au niveau de la 5ème. Une étude plus systématique se trouve dans M. CROSLAND, *Historical Studies in the Language of Chemistry*, Heinemann 1962. Le rôle des différentes formes de symbolisation en chimie, est étudiée par GG.GRANGER. *Langages et épistémologie*.Klincksieck 1979, p.21-47

Dans le cadre du programme de 5ème, la nomenclature employée permet de reconnaître des correspondances entre les transformations chimiques et les transformations lexicales d'une part, les éléments chimiques et les radicaux des termes d'autre part. On a donc, pour les espèces et réactions chimiques du programme un reflet de la conservation des éléments dans les règles de la nomenclature.

En réalité la correspondance n'est pas absolue : la nomenclature peut en dire plus (ex. "dioxyde de carbone", avec prise en compte de la composition quantitative [1], ou moins (ex. "calcaire", où l'on ne trouve pas tous les éléments). Cette situation est d'ailleurs assez générale, et montre que si on peut imaginer de découvrir la loi des réactions (conservation des éléments) par l'exploration du système symbolique (conservation des radicaux), tout n'est pas si simple. Du moins pensons-nous que des activités de mise en correspondance explicite sont extrêmement fécondes pour détacher le signifié (concept d'élément) du référent (corps et réactions) et du signifiant (nomenclature), tout en maîtrisant leurs relations.

On peut même étendre ces activités à des représentations graphiques symboliques [2]. Il en existe de multiples, dont les règles peuvent être inventées par les élèves eux-mêmes: il suffit que les signes représentant les éléments (dessin,couleur, numéro, lettre) soient invariables lors des opérations qui correspondent à une réaction chimique (réunions et disjonctions des signes d'éléments). Avec la spatialisation ainsi introduite, on tend à induire une interprétation structurale : ce peut être une voie de passage didactique pour aborder une modélisation, mais aussi une source de confusion si les règles de fonctionnement (sa "syntaxe" au sens de la théorie des modèles [3]) et la signification ("sémantique") ne sont pas explicitées et comparées avec la nomenclature pour dégager les isomorphismes partiels.

---

1) avec cet exemple, on se rend compte que le concept qualitatif d'élément est insuffisant puisqu'il ne permet pas de distinguer monoxyde et dioxyde de carbone (ou oxygène et ozone).

2) on peut penser qu'elles sont nécessaires aux élèves qui préfèrent des formes de représentation plus "visuelles".

3) B. WALLISER, *systèmes et modèles, introduction critique à l'analyse des systèmes*, Ed. Seuil, 1977 en particulier p. 116-169.

Par contre, une utilisation systématique de telles activités, à partir et en relation avec les manipulations, serait le moyen de dégager nettement le sens théorique du concept.

b) modèle ou théorie.

En sciences physiques, l'écart entre syntaxe et sémantique est une des caractéristiques des modèles. C'est elle qui est responsable de leurs limites, des dangers de leur emploi lorsqu'on leur fait dire "plus que la réalité". Mais c'est elle aussi qui est responsable de leur valeur heuristique : suggérer des propriétés et des relations nouvelles. L'ambition d'une théorie achevée est de faire "concorder" syntaxe et sémantique.

De ce point du vue, on peut dire qu'au niveau de la 5ème, nous avons une véritable théorie qualitative de l'élément chimique, lorsque l'activité de conceptualisation se double d'un travail sur la nomenclature ou le symbolisme graphique. C'est pourquoi, à notre avis, il n'y a aucun sens, à ce propos de parler de "modèle macroscopique". Ni macroscopique, ni microscopique, il y a une théorie qui s'adapte très étroitement à son domaine empirique de référence.

Il est intéressant de remarquer que c'est une des toutes premières théories auxquelles accèdent les élèves. Par la suite, en 4ème et en 3ème, c'est finalement à elle, progressivement remaniée, à son contenu et à ses démarches, que s'adosseront les conceptions particulaires, ioniques, structurales et électroniques qui préciseront et étendront la connaissance chimique[1)].

2.2.3. GENERALISATION

Dans un article très important pour la didactique des disciplines scientifiques, F. HALBWACHS demandait qu'on consacre des efforts suffisants pour constituer une "physique du maître"[2)]. Notre essai de définition des objectifs conceptuels correspondant à la notion d'élément, nous a conduit dans ce chapitre à tenter une contribution à la chimie du maître de 5ème. Dans ce but, nous avons mis en oeuvre certaines idées que nous voudrions maintenant expliciter, car elles nous semblent de portée plus générale pour l'élaboration des contenus et la caractérisation des objectifs.

---

1) nous essayons de dégager ainsi une "cohérence didactique" compatible avec les programmes actuels des collèges. Nous disons de nouveau que d'autres voies divergentes, à partir de la notion de substance, sont tout à fait concevables, et pratiquées.

2) F. HALBWACHS, la physique de maître entre la physique du physicien et la physique de l'élève, *Revue française de pédagogie*, n°33, 1975, p.19-29

A - niveaux d'élaboration conceptuelle et domaines d'investigation empirique.

Nous nous sommes efforcé au niveau imposé par le programme de 5ème, c'est à dire avec les données empiriques disponibles et les modes de raisonnement accessibles, de construire le dispositif qui permet de penser les problèmes posés par la réaction chimique. Toute modification de ce domaine obligera à modifier les formulations conceptuelles.

En général, on se représente ces modifications comme des emboîtements qui ne font qu'étendre le domaine de référence (qui est aussi le domaine de validité et donc d'application). C'est effectivement ce qui se passe lorsqu'il faut prendre en compte l'isotopie et la radioactivité, ou introduire les lois quantitatives des combinaisons, c'est à dire lorsqu'on reste dans la logique d'un approfondissement progressif.

Mais les choses sont beaucoup moins simples lorsqu'on change de problématique, par exemple lorsqu'on introduit des préoccupations structurales: il n'est pas possible de dire qu'un modèle particulaire engloberait la théorie de l'élément proposée et donnerait simplement et facilement une réponse satisfaisante aux questions qui se posent : nous avons rappelé les objections de BOYLE.

Il n'y a donc pas de "voies royales" (par exemple, "commencer par les atomes"), il faut explorer les possibilités et les contraintes entrainées par les choix.

B - champ de référence empirique, images et concepts

Pour cette exploration, la notion de champ de référence empirique nous semble importante. Dans notre cas, il s'agit d'un domaine d'investigation empirique. Mais il faut étendre à des investigations documentaires[1)], et donc à des "faits" invoqués, nécessaires dès qu'on veut dépasser les acquis ponctuels, accessibles directement aux élèves.

Les modifications de ce champ de référence empirique (extension, restriction) entrainent de manière générale des modifications de problématique et par conséquent du réseau conceptuel. Il nous semble qu'on n'accorde pas assez d'importance dans l'enseignement des sciences au contrôle et à l'expli-

1) J.L. MARTINAND, les documents dans l'initiation aux sciences physiques, *Bulletin de liaison*, du LIRESPT, n°4, p.87-104.

citation de ces modifications corrélatives : les carences des manuels sur les authentiques questions scientifiques auxquelles répondent leurs énoncés sont caractéristiques. Le schéma ci-dessous donne une idée de ces changements de points de vue.

Nous voudrions faire remarquer que cette notion de champ de référence empirique est évidemment liée à celle de champ conceptuel, souvent utilisée de nos jours[1]; elle en est cependant très différente puisque leurs rapports sont ceux de signifié à référent. Par ailleurs, nous pensons que ces deux notions peuvent servir à préciser la notion de pratique sociale de référence avancée dans le chapitre précédent[2]; c'est ce que fait par exemple J.P. EPRON dans son étude sur le contenu du cours de construction d'architecture depuis le XIXème siècle[3].

Du point de vue épistémologique, on en déduit qu'il n'est pas possible de suivre les modifications de réseaux conceptuels, de faire"l'histoire d'un concept" en ne s'intéressant qu'aux discussions théoriques : le contenu, les limites , les inhomogénéités, les grands problèmes du champ de référence empirique, leur évolution en liaison avec les techniques, doivent être pris en compte de manière aussi approfondie que les arguments et leur arrière-plan philosophique. Plus généralement, les activités pratiques ne sont pas seulement un référent de constructions conceptuelles, mais aussi de représentations, d'élaborations de l'imaginaire, qu'il nous paraît donc nécessaire d'étudier dans leurs interrelations.

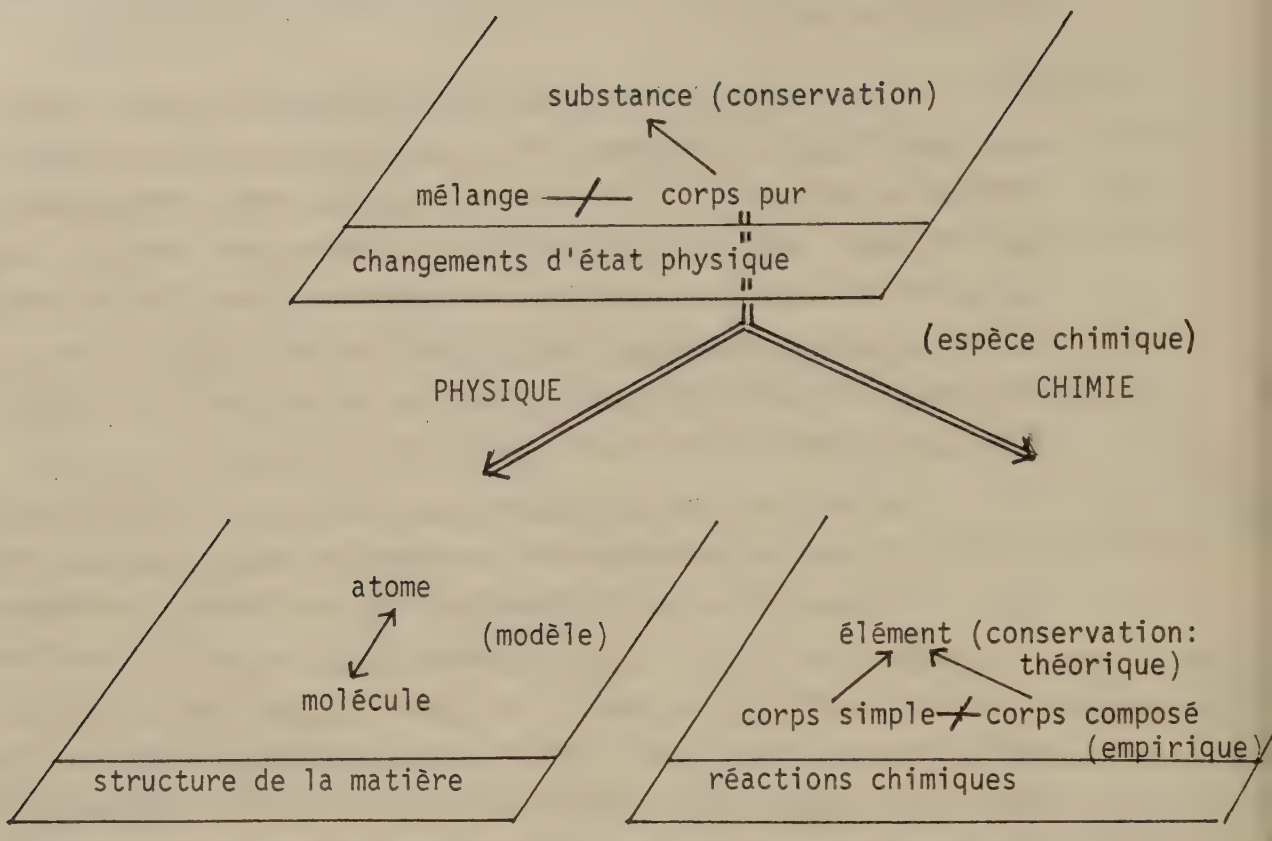
Du point du vue didactique, cette étude préalable à la caractérisation des objectifs doit même être redoublée : en tant que construction d'une "science du maître" d'abord, ainsi que nous nous sommes efforcé de

---

1) dans notre cas, nous avons montré les relations entre les concepts élément, corps simple et composé, espèce chimique, corps pur, mélange, substance. Un autre exemple est l'étude de G. SCHAEFFER, Concept Formation in Biology : The "Growth", *Eur. Journal of science Education*, Vol. 1, n° 1, 1979, p. 87-101, qui présente une *"carte conceptuelle"* de la croissance,

2) cela conduirait pour l'initiation aux techniques de fabrication à identifier et préciser ces champs pour un ingénieur, un technicien, un OP, un OS, etc, dans les différents secteurs productifs.

3) J.P. EPRON, D. GROSS, J.M. SIMON, *essai sur la formation d'un savoir technique, le cours de construction*, CEMPA, sans date, voir en particulier les traitements de la notion d'architectural, p. 140-159.
Dans un autre domaine, le concept de gène, par certains aspects (concept théorique et non empirique) analogue à celui d'élément, ses usages et mésusages dans la biologie, l'agronomie et l'idéologie, nous semble devoir faire l'objet d'une étude différenciant nettement pratiques et champs de référence pour analyser ses champs conceptuels. Une première approche de la question se trouve dans la thèse de 3ème cycle de G. RUMELHARD et son article : représentations et concepts de la génétique dans *Approche des processus de construction des concepts en sciences*, Journées de Chamonix II, 1980, p.79-84



faire dans une situation assez simple à propos de l'élément chimique; en tant qu'investigation empirique des expériences, idées et images des enfants à l'entrée d'un curriculum, ou de leurs modifications dans un apprentissage ensuite. Nous garderons cette préoccupation présente à l'esprit dans l'étude qui suit sur la notion de dureté.

2, 3

LA NOTION DE DURETÉ DANS L'APPROCHE DES MATÉRIAUX

Dans la plupart des cas, une analyse à priori des contenus référentiel et conceptuel ne peut pas être pratiquée seule si l'on se fixe une perspective didactique : formulation et domaines de validité, structures conceptuelles et savoir-faire, dépendent en réalité des démarches adoptées, des problèmes étudiés. Par dessus tout, ces analyses ne peuvent être développées en dehors d'investigations avec des enfants, dans ou hors laboratoire. L'exemple de la notion d'élément chimique est donc plutôt exceptionnel et dû à plusieurs raisons concourantes : existence d'un programme imposé assez homogène et convergeant vers un seul concept, absence de connotations idéologiques et de représentations préalables chez les élèves[1)].

En général, il faut combiner analyses épistémologiques, études psychogénétiques, et essais d'apprentissage[2)]. Aucune de ces approches ne donne seule et par elle-même cette "science du maître" qui est un préalable à la caractérisation des objectifs. Mais, avec l'étude d'un troisième cas, celui de la notion de dureté, nous voudrions montrer un exemple de ce que peut apporter leur prise en compte simultanée pour expliciter et justifier les choix de thèmes, de démarches et d'objectifs[3)].

2.3.1. LE PROBLEME DE LA DURETE

2.3.1.1. Conceptions opératoires.

"Une définition adéquate de la dureté technologique peut être la résistance d'un matériau à une déformation permanente de sa surface. Cette déformation peut être en forme de rayure, d'usure mécanique, de pénétration, d'empreinte ou de coupe. En incluant la coupe, on étend la définition à la facilité d'usinage[4)].

---

1) il est évident que la situation aurait été différente si nous avions eu à faire le même travail sur une première initiation au modèle particulaire ou atomique, comme le montre la thèse en cours de M. MEHEUT au LIRESPT.

2) c'est ce que font par exemple M. BOVET et F. HALBWACHS, le poids et la masse en classe de 6ème, *Rev. Française de Pédagogie*, n° 53, 1980, p.4-18. Au LIRESPT, on trouve de nombreux travaux dans cette direction : circuits électriques et chaleur (A. TIBERGHIEN), lumière (E.GUESNE), pression (M.-G.SERE).

3) un premier état de ce travail a été publié dans l'article J.L. MARTINAND, une propriété intéressante : la dureté, *Physics Teaching in Schools*, Taylor et Francis, London 1978, p. 283-289

4) C.W. RICHARDS, *la science des matériaux de l'ingénieur*, 1961, traduction française, Dunod 1965, p.399.

Nous prenons le terme matériau au sens que lui donne DINZIN, dans sa conception générale de l'industrie: "toute substance solide et solidifiable qui se prête à un changement de forme, et qui est destinée à subir un changement de forme, et que ses propriétés rendent apte à résister à l'action du milieu auquel elle est destinée" (J.DINZIN, *les propriétés et les formes dans l'industrie*, Hermann, 1949, p.83);

Cette définition, qui dégage en peu de mots les conceptions actuelles sur la dureté met l'accent sur trois aspects importants :

- caractère technologique de la propriété, liée à des opérations nécessitant des outils, ou à des dégradations de pièces;
- idée fondamentale de résistance à une déformation, attribuée au matériau, et non à des formes ou des structures d'objet;
- caractère "surfacique" de l'accès à la propriété, qui donne cependant des indications sur la résistance globale et interne d'un matériau homogène.

Les essais de dureté étant parmi les plus aisés qu'on puisse faire sur les matériaux, on comprend l'importance que leur accordent encore les métallurgistes et les minéralogistes, et les travaux assez nombreux qui ont été consacrés de leur part à leur amélioration.

Mais ce qui étonne le physicien habitué aux grandeurs, c'est que dès qu'on cherche à définir la dureté de manière opératoire, plusieurs conceptions se différencient par les types d'action, les appareils, et finalement les résultats, malgré une concordance relative de ces derniers pour certains matériaux[1]. TABOR distingue ainsi plusieurs grands types[2] :

- dureté "d'éraflure"(scratch),
- dureté "d'empreinte"(indentation),
- dureté "de rebondissement" (rebound),

A l'intérieur de ces types, il faudrait encore prendre en considération les dispositifs, en particulier la pièce qui doit causer la déformation permanente. Malgré son intérêt pour le physicien, car elle est manifestement liée à des questions de cohésion de la matière et donc de liaisons et de structures granulaires ou atomiques, la dureté est souvent abandonnée aux techniciens, comme une notion pratique et complexe. Cependant les travaux récents sur la plasticité montrent que le problème revient sous d'autres formes à l'ordre du jour.

Les essais actuels utilisent principalement des méthodes d'empreintes, fondées sur les lois empiriques reliant pour un même matériau forme du pénétrateur, profondeur de pénétration et "force "nécessaire[3] : on définit

---

1) il existe des tables de conversion
2) D. TABOR, *The Hardness of Metals*, Clarendon Press, Oxford, 1951
3) C.W. RICHARDS, ouvrage cité p. 398-412
L.SOUSTRE, G.POMEY essais mécaniques des métaux, essais de dureté, Techniques de l'ingénieur, Métallurgie I M 124 p. 9-16
P.GOERENS, R.MAILANDER Die technischen Verfahren zur Untersuchung der Metalle und Legierungen, chap. 8 die Härteprüfung, Handbuch der Experimental-physik, V, Leipzig, Akademische Verlagsgesellschaft , 1930, p.328-374

ainsi un "nombre de dureté", constant pour pénétrateur et matériau donnés, quelle que soit la charge. Les pénétrateurs ont des formes diverses : pyramides à base carrée (VICKERS) ou losange (KNOOP), billes (BRINELL), cônes (ROCKWELL). Les mesures portent sur la surface de l'empreinte (VICKERS, BRINELL), sa profondeur (ROCKWELL). Dans la réalité, d'autres facteurs interviennent dans la pénétration : l'écoulement plastique qui modifie la surface est sensible aux traitements de celle-ci, le mode d'écoulement plastique dépend du frottement pénétrateur-échantillon et de la vitesse de pénétration; les modes opératoires doivent donc être fixés minutieusement.

Il en est de même pour les mesures de hauteur de rebondissement d'une pointe de diamant qui sont parfois employées et fondées sur le fait qu'une partie de l'énergie est dissipée sous forme de déformation plastique (scléromètre Shore).

2.3.1.2. Notions et images.

En face d'une notion aussi polymorphe, il nous semble particulièrement intéressant d'examiner brièvement comment elle a évolué ainsi que les préoccupations et les idées qui lui sont attachées.

A - Histoire de la dureté

La mécanique des matériaux a fait l'objet d'une des seules tentatives exhaustives d'histoire de l'expérimentation[1]. Mais on doit noter que l'histoire de la dureté en est en fait exclue, sans doute parce que le point de vue adopté, celui d'un physicien s'intéressant aux questions "fondamentales", s'accomode mal de cette notion technologique complexe. Les problèmes abordés sont donc avant tout ceux de l'élasticité[2], thème de recherche très riche du XVIIème au XIXème siècle[3] et de la plasticité, qui renouvelle

1) J.F. BELL, *The Experimental Foundations of Solid Mechanics*, Handbuch der Physik Band VI, a, 1, Springer Verlag, 1973.
2) sur l'élasticité, une brève et récente synthèse est donnée par M.L.COOPER, Early contributions to the problems of elasticity, *Phys. Education*, Vol 13, 1978, p. 348-387
3) il a donné lieu à des recherches expérimentales (GALILEE, HOOKE, COULOMB, YOUNG) et physico-mathématiques (J. BERNOULLI, POISSON, CAUCHY, LAME, STOKES, MAXWELL,etc).

certes le problème de la dureté, mais sans qu'on se préoccupe de faire le raccord[1].

En général les manuels et traités physico-technologiques ne donnent eux aussi que des indications très succintes[2]. Mais nous disposons d'un ouvrage de 1865, publié par M.F. HUGUENY et faisant le compte rendu de ses recherches sur la dureté[3].

a) L'avant propos de HUGUENY, montre très bien qu'au milieu du XIXème siècle, la notion de dureté n'était pas encore clarifiée :

"la plupart des propriétés physiques des corps ne peuvent être définies avec rigueur, qu'autant qu'il est possible de les exprimer numériquement et de les rapporter à une valeur de même nature prise pour unité; le plus grand nombre d'entre elles a été déterminé avec soin.

"Il en existe toutefois encore quelques unes dont le sens est vague ou incertain, que pour ce motif même on ne peut traduire en nombres et parmi elles on peut citer la dureté.

"Cette propriété se rattache à l'élasticité des corps, et cette dépendance explique l'abandon presque complet où son étude est restée.

"Il existe, en effet, dans la question, des difficultés spéciales qui faisaient dire à MUSCHENBROEK, après s'être longtemps occupé de recherches sur la cohésion, que la détermination de la dureté était un des problèmes insolubles de la science.

"Mais, si la solution d'un problème est impossible à une certaine époque, parce que les éléments qui s'y rapportent sont encore inconnus ou incomplètement appréciés, et parce que la construction des instruments n'y présente pas une précision suffisante, rien n'autorise à conclure qu'elle n'arrivera pas à maturité avec le temps.

"Le moment est-il venu, je ne dis pas de résoudre toutes les questions relatives à la dureté mais de tenter utilement quelques essais dans cette voie ?"

La première moitié du livre est une introduction historique montrant l'évolution des conceptions et des méthodes de détermination de la dureté depuis le XVIIème siècle, à partir des mémoires originaux.[4]

---

1) il s'agit d'une difficulté un peu semblable à celle qui consiste à reconstruire la notion d'élément chimique à partir d'une théorie "trop forte" comme la théorie quantique des atomes et molécules.

2) C.W. RICHARDS, ouvrage cité
D. TABOR, ouvrage cité
A.H. COTTRELL, *The Mechanical Properties of Matter*, J. Wiley et JANS, New York 1965

3) M.F. HUGUENY, *recherches expérimentales sur la dureté des corps et spécialement sur celles des métaux*, Gauthiers Villars, 1865, 109 p. + 6 pages de planches. M.F. HUGUENY était à cette époque professeur au lycée impérial de Strasbourg.

4) M.F. HUGUENY, ouvrage cité p 1-53

Ensuite, HUGUENY résume les principales définitions et justifie celle qu'il adopte , décrit les trois appareils qu'il a fait construire, leurs défauts, donc les résultats pour les métaux et alliages (fer, fonte, acier, bronze de canons, bronzes d'aluminium) et compare avec les travaux de CRACE-CALVERT, JOHNSON et WERTHEIM.[1)]

b) L'évolution des définitions est un bon indicateur des préoccupations (minéralogie, ou métallurgie) et des progrès de la compréhension par différenciation et mise en ordre des différentes caractéristiques des matériaux relatives aux déformations :

-pour MUSCHENBROEK (1729), la dureté est donnée par le "rapport de la résistance offerte par une lame d'épaisseur constante à sa division par un "maillet" [frappant sur un coin], à la densité de la matière de la lame". "On mesure" le nombre de coups d'une boule d'ivoire tombant d'une hauteur constante sur le maillet"[2)]. Malheureusement, les corps durs ne peuvent être étudiés, et les causes d'erreurs sont nombreuses (frottements, non reproductibilité, etc).

- les définitions de ROME DE LISLE (1784), WERNER (1794), HAÜY (1822), MOHS (1822)[3] s'appuyent sur "la difficulté plus ou moins grande qu'on éprouve à entamer la surface d'un corps par une pointe d'acier, le sommet d'un cristal ou la lime[4)]". Elles ne permettent que des appréciations de la dureté, par comparaison des minéraux les uns aux autres. Les méthodes sont en réalité assez diverses et différentes selon les matières : ainsi HAÜY propose le "frottement" (limage, rayure par une pointe, rayure mutuelle de deux minéraux), et la "percussion" par un "briquet", qui ne peuvent s'appliquer aux mêmes corps.

Mais HAÜY, qui rattache la dureté à la cohésion, "force avec laquelle les molécules du corps que l'on éprouve adhèrent les unes aux autres" dans

---

1) M.F. HUGUENY, ouvrage cité, Ch.II, définition, p. 54-62; Ch.III description des appareils, p.63-69, Ch.IV expériences et causes d'erreurs, p. 70-89, résultats obtenus p.90-100, Ch.VI, composition des résultats p.101-103.

2) M.F. HUGUENY, ouvrage cité p.54, d'après MUSCHENBROEK, *Introductioad cohaerentiam corporum firmorum*, ch. X, Tentamen de corpurum duritie

3) ROME DE LISLE, *Caractères extérieurs des minéraux (mémoire)*, *Cristallographie*
WERNER, *Principes de minéralogie*
HANUY, *Traité de minéralogie*
MOHS, *Eléments de minéralogie*

4) M.F. HUGUENY, p.54

le cas" où le corps résiste au changement de figure différencie nettement "corps fragiles" brisés par les percussions, et "corps tendres", aisément entamés par un instrument, introduisant ainsi une distinction conceptuelle fondamentale, alors que les prédécesseurs ne discutaient pas vraiment les domaines de validité des procédures et notions[1)].

Et surtout MOHS décrit de manière très précise un mode opératoire et ses précautions : rayer successivement chaque type d'une échelle qui porte maintenant son nom[2)] avec un angle du minéral donné, en partant des plus durs; terminer en essayant à la lime le minéral et les deux types qui "l'encadrent". Le minéral doit présenter une forme cristalline, et une pureté convenables, et la position des plans de clivage être bien définie.

- FRANKENHEIM (1829)[3)] propose une méthode très subjective (apprécier la force nécessaire à rayer, d'ailleurs non distinguée de la pression pour maintenir la pointe) pour comparer les duretés selon les directions et les faces d'un cristal.
- SEEBECK (1833) et FRANZ (1850)[4)] estiment la dureté par la pression normale nécessaire pour obtenir avec une pointe une première raie visible. Les deux auteurs ont proposé des machines assez élaborées pour faire déplacer l'échantillon sous la pointe; mais le principe de la "première rayure" limite en fait la validité à la comparaison selon les directions d'une même face cristalline (influence de la couleur des corps, de l'éclairage, du poli..)
- les premiers travaux cités sur des matériaux pour la fabrication sont ceux de VICAT (sans date), avec un appareil pour tester par choc d'une pointe sur des échantillons de bétons, ciments et mortiers. HUGUENY signale un appareil de la fonderie de canons de Strasbourg sur le même principe (profondeur de pénétration de la pointe après choc), mais abandonné "depuis longtemps" en 1865.

---

1) M.F. HUGUENY, p.10 et 11
2) - 1 talc lamelleux - 2 sulfate de chaux prismatoïde - 3 spath calcaire rhomboédrique - 4 spath fluor octaédrique - 5 chaux phosphatée rhomboédrique - 6 feldspath lamelleux - 7 quartz rhomboédrique - 8 topaze prismatique - 9 corindon hyalin - 10 diamant octaédrique. Le 0 correspond à la "fluidité"
3) FRANKENHEIM, *De Crystallorum cohaesione*
4) SEEBECK, *Uber Härteprüfrung an Krystallen*
FRANZ, *De lapidum duritate, eamque metiendi nova methodo*

- des travaux américains (méthode VICKERS) et anglais (CRACE-CALVERT et JOHNSON, 1858[1]) reposent sur l'idée d'enfoncer des pointes sans l'effet de charges pressantes : dans le premier, on mesure les dimensions de l'empreinte (pyramide à base carrée d'acier trempé), dans le second les charges pour une même empreinte (conique).
- enfin, HUGUENY lui-même, propose de distinguer deux cas[2]:
  - la dureté normale d'un corps est la résistance qu'il oppose à l'enfoncement d'une même pointe perpendiculaire à sa surface, à une même profondeur qui dépasse la limite d'élasticité sans atteindre la rupture.
  - la dureté tangentielle d'un corps est la résistance qu'il oppose au déplacement d'une même pointe enfoncée à une même profondeur, dépassant la limite d'élasticité sans atteindre la rupture [3].

Il construit des appareils pour déterminer ces deux duretés et essaye de vérifier que pour certains corps, le rapport entre la résistance tangentielle et la pression normale est constant lors de rayure de la surface par une pointe.

Cette rapide esquisse historique, complétée par l'état actuel des méthodes, montre bien,comme pour les autres grandeurs physiques directes (pression, température,...) les difficultés pour accéder à un concept clair et des méthodes objectives de comparaison.

B - imaginaire de la dureté

Nous nous sommes intéressé précédemment aux efforts de type scientifique, orientés par l'idée de mesure, pour rendre objective la comparaison des matériaux selon leur dureté. Mais se limiter à ce seul point de vue conduirait selon nous à occulter les connotations de la notion, aussi bien chez les scientifiques que les non scientifiques : dans une perspective pédagogique, il y a une connaissance de la dureté qui peut orienter les questions et les conceptions et dont il faut tenir compte.

---

1) CRACE CALVERT et JOHNSON, *Mémoires à la Société philosophique de Manchester*
2) M.F. HUGUENY, ouvrage cité p.60
3) on remarque que cette "seconde dureté" n'a plus d'intérêt pratique aujourd'hu la dureté normale est une caractéristique des matériaux parmi d'autres, qui ne dispense pas d'études sur leurs comportements selon les opérations subies.

a) En ethnologie, LEROI-GOURHAN a montré tout le parti qu'on pouvait tirer de la prise en compte des caractéristiques des matériaux pour une "technomorphologie fondée sur les matières premières[1)]".

"Posant en principe que c'est la matière qui conditionne toute technique et non pas les moyens ou les forces, je me suis écarté franchement des données acquises et j'ai adopté une répartition des techniques de fabrication qui débute par les matières solides pour atteindre progressivement les fluides. Les solides dont l'état ne varie pas ont reçu le nom de solides stables : pierre, os, bois; ceux qui, par échauffement par exemple, acquièrent une certaine malléabilité sont dits solides semi-plastiques : c'est le cas des métaux; ceux qui, malléables à l'état de traitement, acquièrent la dureté en séchant ou par la cuisson sont les plastiques : poterie, vernis, colles; ceux enfin qui, à tous moments de leur état, sont flexibles mais non malléables ont le titre de solides souples : peaux, fils, tissus, vanneries..

Depuis les débuts de l'humanité il y a donc ici un "domaine empirique de référence", progressivement enrichi qui marque la connaissance de la matière et se reproduit dès l'enfance.

b) Il ne faut donc pas s'étonner si une question a pu surgir dans ce domaine, et prendre dans la pensée un caractère de véritable préoccupation intellectuelle constante : comment concevoir la cohésion des corps solides ? Déjà présent dans l'Antiquité grecque, on trouve ce thème dans la pensée occidentale depuis la Renaissance avec une certaine insistance. A titre d'illustration, nous citerons :

- GALILEE, qui dans le première journée des Discours concernant deux sciences nouvelles s'interroge sur les "causes de cohésion des matériaux", le rôle possible de l'horreur du vide, la "pénétrabilité" de la matière[2)];
- DESCARTES, qui dans les Principes de la philosophie, se demande "en quoi consiste la nature des corps durs et des liquides"[3)];
- KANT, qui dans les Premiers principes métaphysiques de la science de la nature, résume les conceptions des physiciens de l'époque sur la cohésion

---

1) A. LEROI-GOURHAN, *l'homme et la matière, 1943*, Albin Michel, 2ème ed. 1971 p. 19
2) GALILEE, *Discours concernant deux sciences nouvelles*, traduction M. CLAVELIN, A. Colin, 1970, p. 49-52
3) DESCARTES, *Principes de la philosophie*, traduction en français, Vrin, 1978, p. 94 en particulier.

("l'attraction conçue comme n'étant active qu'au contact") , l'élasticité[1];
- HEGEL, qui dans l'Encyclopédie des sciences philisophiques, aborde lui aussi, de manière plus obscure, la cohésion[2].

On peut comprendre que maîtriser par la mesure la dureté et surtout l'élasticité plus accessible, classer les matériaux, a pu être considéré par les physiciens comme une tâche fondamentale, une contribution positive à l'éclaircissement d'une énigme du monde physique.

c) Mais le thème de la dureté dépasse ces domaines de la pensée rationnelle pour investir l'imagination littéraire. BACHELARD a étudié en détail les images profondes et les symboles élaborés dans la première et la deuxième partie de la terre et les rêveries de la volonté[3]: la dialectique du dur et du mou, le monde résistant, le travail et les images des matières dures, les images de la pâte et de la molesse, les rêveries de la roche, du métal, du cristal etc.

Pour lui, "l'échelle de dureté des matières travaillées est à bien des égards une échelle de maturité psychologique. Le trou fait dans le sable, puis dans la terre meuble, correspond à une nécessité psychique de l'âme enfantine"[4]. Il parle d'un "inconscient des outils" en relation avec les matières d'oeuvre habituelles[5]. Il affirme au début du chapitre sur "les métaphores de la dureté" : "tout compte fait, la dureté est sans doute l'objet de bien peu d'expériences effectives et elle est cependant la source d'un nombre incalculable d'images"[6], et de métaphores morales. Le mot dur "ne peut rester tranquille dans les choses"[7].

On peut penser qu'avec ces manifestations de l'imaginaires, on est très loin des problèmes de la didactique , mais BACHELARD fait remarquer :

1) KANT,E, *premiers principes métaphysiques de la science de la nature,* traduction Gibelin, Vrin, 1971, p. 99-117
2) HEGEL, G.F., *Encylopédie des sciences philosophiques en abrégé,* traduction Gandillac, Gallimard, 1970, p.281-284
3) G. BACHELARD, *la terre et les rêveries de la volonté,* 1948, J. Corti, p.17-339
4) G. BACHELARD, ouvrage cité, p.47. Dans ce sens, nous avons constaté qu'un des attraits du module de fabrication mécanique était le travail des métaux (dural, acier, laiton): des élèves ont dit que pour eux c'était une conquête marquante et une source de satisfaction.
5) G. BACHELARD, ouvrage cité, p.53
6) G. BACHELARD, ouvrage cité, p.63
7) G. BACHELARD, ouvrage cité, p.64

"les images littéraires nous paraissent placées entre les images qui préparent à des connaissances et les images qui préludent à des rêveries. Elles pourront aussi bien, par des réductions successives, tendre à des connaissances raisonnables, aussi bien, par des exubérances, s'évaser en de lointaines métaphores" [1]. Pour nous, les connotations d'agressivité de la dureté ("provocation des matières dures" à leur "attaque", désir d'entailler, de trouer, de casser), si bien manifestées dans les images littéraires, ne sont pas absentes du contexte d'une initiation aux propriétés mécaniques des matériaux.

d) Enfin, on peut penser avec R. BOIREL que les "réminiscences corporelles" de l'activité opératoire sur les matériaux, peuvent jouer un rôle fécond (mais sans doute aussi d'obstacle) dans la construction conceptuelle[2]. Sur les solides et leurs propriétés qui sont à la base de la technique, et au fondement de la physique[3], l'immense capital d'images, d'intuitions et de préocupations que possèdent déjà les enfants, ne peut être ignoré[4].

2.3.1.3. Conception des enfants.

Il ne s'agit pas ici de faire une étude systématique des conceptions des enfants sur la dureté, mais de donner les premiers résultats de quelques explorations préliminaires.

Nous disposons pour cela d'enregistrements faits en classe (6ème et C.M.) avec cinq élèves de 6ème au LIRESPT, et de 12 entretiens individuels semi-directifs[5].

A - Incohérences et fluctuations.

De l'essai avec 5 élèves au laboratoire en 1975, nous extrayons le dialogue suivant (nous leur avions demandé la semaine précédente de réfléchir à la question : qu'est ce qu'un matériau dur ?

- Elève 1 : "quand un matériau est dur, il doit fondre moins vite"
(les autres sont sans avis)

---

1) G.BACHELARD, ouvrage cité p. 234
2) R. BOIREL, théorie générale de l'invention, PUF, 1961, p. 252-261
3) nous saisissons ici combien l'idée de la physique comme "technique générale" selon l'expression de J. PACOTTE, *la pensée technique*, Alcan, p.17 est en même temps féconde à propos de la dureté, mais très incomplète : la cohésion n'est pas qu'un problème pratique.
4) Ainsi la question de l'origine naturelle ou artificielle des matériaux est une préoccupation rencontrée de manière permanente lorsqu'on interroge les enfants.
5) les entretiens individuels ont été passés à la Rochelle par A. TIBERGHIEN.

- Maître : "Qu'est ce que la dureté pour vous ?
- Elève 2 : "Quand on peut pas le tordre" (avec geste esquissé de flexion).
- Elève 3 : "Quand on le laisse tomber, il ne casse pas" (avec geste esquissé de jet).
- Elève 4 : "Quand c'est lourd".
- Maître : "Bon, reprenons chaque proposition. Quels sont les matériaux qui sont "durs", c'est à dire que ne se tordent pas ? (s'adressant à E 2).
- Elève 2 : "L'étain, quand c'est épais" (l'enfant a apporté une barre de soudure à l'étain épaisse et courte, et donc rigide).
- Elève 5 : "La pierre"
- Elève 3 : "Non, je ne suis pas d'accord, parce qu'on peut la casser"
- Elève 5 : "Ca peut être dur et se casser".

a) Langage et action

On constate que certains enfants font appel à des actions, jet pour casser, ou flexion, et qu'il y a derrière leurs propositions une expérience réelle qui s'exprime par des esquisses de gestes. Par contre, celui qui associe dur à lourd le fait de manière uniquement verbale. Et surtout, on peut noter qu'à un autre moment de la séance, à la question "quel est le contraire de dur", tous les élèves répondent : "c'est mou".

Le premier point qu'il nous semble important de noter est donc que les mots peuvent avoir des fonctionnements différents : l'opposition dur-mou que tous les élèves connaissent dès le C.E. appartient au maniement du lexique sans forcément correspondre à des évocations d'actions. Par contre, les synonymes de dur (robuste, solide, résistant) font référence à des actions : plier, tordre, défoncer, enfoncer, casser, couper, déchirer, écraser, chauffer... et s'opposent à "souple", ou "qui se casse" ou "qui se ramollit". Il est donc nécessaire de prendre des précautions dans l'analyse des formulations d'enfants.

b) plasticité et fragilité.

Dans l'entretien ci-dessous, on a demandé à l'enfant de proposer une expérience pour trouver laquelle de deux plaques métalliques présentées est la plus dure (Lau., 11 ans); en voici des extraits :

Lau : "il faudrait essayer de les tordre... Avec un outil , on essayerait de les plier en deux, et puis si on arriverait plus facilement avec un ,

ils seront moins dur [...]
Ou alors en les jetant par terre, mais il faudrait que ce soit d'autres matières parce que ça [les plaques] , ça se casserait pas [...]
Si il y en à une qui se casserait et pas l'autre, je saurais qu'il y en a un qui serait plus dur [...]

Int : Avec ton essai si on faisait tomber les 3 verres successivement, lesquels seraient les plus durs ?

Lau : le fer et le plastique [...]

Int : est-ce que ton essai permettrait de donner un résultat qui correspond à ce que tu m'as prévu tout à l'heure ?

Lau : Non... parce que le verre il se casserait et puis quand on le touche quand même si on le fait tomber il est dur.

Int : qu'est ce que tu entends par dur maintenant ?

Lau : qui ne se plie pas, au toucher on peut pas le tordre [...]

Int : et pourquoi est-il dur (le verre en verre) ?

Lau : c'est pas tellement qu'il soit dur, c'est qu'il résiste un peu si on le prend il va pas se casser."

Comme dans l'enregistrement précédent, on voit apparaître des affirmations contradictoires chez le même enfant. On pourrait penser dans le second enregistrement que les incohérences ont été levées, mais la suite montre le contraire; il n'y a pas eu vraiment de clarification et de choix cohérent :

Int : "si tu voulais expliquer à quelqu'un qu'est ce c'est que dur, qu'est-ce que tu dirais ?

Lau : je lui dirais que ça ne se plie pas, que si on le fait tomber ça ne se cassera pas, que c'est solide et que ça résite, ça dépend des choses aussi que ça résiste".

Chez certains enfants, on note un début de différenciation, mais encore fluctuant :

Jean-Marie (12 ans): "le verre en métal est dur et le verre en verre aussi. Ils sont tous deux durs, mais solide c'est pas pareil que dur... ceux qui sont durs, c'est celui en acier et en verre mais ceux qui sont solides, il y a celui en verre."

Mais plus loin il propose comme expérience pour trouver laquelle des deux plaques présentées est la plus dure, de taper dessus avec une hache :

Jean-Marie : "on prend la hache et puis ça se fendrait, il faudrait deux coups, tandis que la 5 [autre plaque] ça mettra plus longtemps pour qu'elle se fende."

c) forme et matière

Dans la plupart des cas, les enfants attribuent la dureté aux objets, et très peu utilisent le mot dur pour qualifier une matière. Par exemple, Bruno (11 ans) vient de dire que deux fils sont faits de la même matière et que l'un est dur et l'autre pas; il précise à la demande de l'interviewer :

Bruno : "Parce qu'il y en a un qui est plus fin que l'autre... alors ça fait qu'il en a un qui est moins dur... Normalement, quand c'est épais, c'est dur, autrement c'est mou quand il n'y a pas beaucoup d'épaisseur. Normalement la matière de cuivre c'est dur, la matière de fer aussi... le bois aussi c'est dur."

La conscience d'une incohérence apparaît, sans qu'on puisse savoir si elle conduira à différencier dans les propriétés des objets celles dues à la forme et celles dues aux matériaux.

d) l'idée d'enfoncer

Il est remarquable que lorsqu'on rassemble les propositions pour tester la dureté, celles-ci dépendent étroitement des objets et des matériaux : casser une plaque de verre ou fêler un verre à boire (Alain,11 ans) plier ou tordre une plaque de fer (Laurence, 10 ans) déchirer du carton (Alain). C'est seulement lorsque les enfants se représentent des corps mous (beurre, polystyrène, pâte à modeler, matelas), ou qu'ils en ont devant eux, qu'il pensent à un enfoncement du doigt ou d'une pointe, opération qui correspond au concept opératoire actuel[1].

En réalité la dureté n'est pas pour les enfants une propriété, avec différentes valeurs selon les matières, mais il existe des expériences personnelles concrètes de résistance des objets à des déformations qui sont à l'origine de catégories de corps, avec une qualité prédominante : cassant, souple, etc, sans que les différents aspects soient à la fois unifiés et différenciés[2].

---

1) c'est pourquoi, sur les 11 entretiens de La Rochelle, aucun n'a fait une telle proposition, alors que nous l'avons entendue au Laboratoire, en présence de pâte à modeler.

2) mais ils ont conscience des influences de certains facteurs : épaisseur pour une même matière, matière pour une même forme.

B) contradictions et différenciations

Dans une perspective d'apprentissage, il est important de noter que les enfants prennent assez facilement conscience de leurs contradictions, lorsqu'elles ont été explicitées. Ils souhaitent clarifier. Ainsi Laurence (10 ans) après avoir été invitée à poser des questions sur ce qui lui a paru bizarre:

Lau : oui c'est quand je disais que le verre il était dur et puis qu'il se cassait
Int : oui alors ? Tu comprends pas très bien ça ?
Lau : Non

Il y a donc une incontestable motivation pour élucider les incohérences

Mais les enregistrements dont nous disposons montrent que si la plupart des enfants accepte facilement qu'un corps puisse être dur et cassant, et trouve de nombreux exemples, ils ne se sortent pas eux-mêmes facilement des contradictions. Il y a sans doute trop de difficultés en même temps pour attribuer la dureté au seul matériau, s'intéresser aux déformations plastiques avant rupture et dissocier tous les facteurs; l'aide de l'adulte, directe par le rappel des positions respectives ou des suggestions de chacun, ou indirecte par l'exigence de méthode (de quoi parle-t-on ? écrire ce qui est pareil et ce qui est différent, s'en tenir à une idée...) est apparemment décisive dans le succès de la conceptualisation.

2.3.2. DES INTUITIONS A LA COMPARAISON OBJECTIVE.

Le "problème de la dureté" ayant été posé sur les plans scientifique et psychologique, nous exposerons maintenant les choix fondamentaux d'un projet d'enseignement de 2 ou 3 séances de 2 heures sur ce thème. Ce projet est une partie d'une unité sur quelques propriétés mécaniques des matériaux en 6ème, dont nous avons eu la charge et dont le compte rendu d'essai est donné dans l'annexe IIc.

2.3.2.1. Intérêt du thème

A - Connaissance de la matière

La notion scientifique de matière, avec les notions corrélatives de propriétés, transformations, structure, est au centre des sciences physiques. Mais souvent, lorsque les physiciens actuels réfléchissent à son apprentissage, ils pensent avant tout à la structure atomique et aux phénomènes bien interprétés avec elle[1]. Pourquoi proposer un enseignement qui ne s'oriente pas dans cette direction ?

Il faut croire que l'intérêt éducatif d'une étude des matériaux est réel puisqu'on trouve dans d'autres pays des essais et des ouvrages sur ce thème. Ainsi en Angleterre, les auteurs du projet Sciences de 5 à 13 ans ont rédigé plusieurs fascicules[2], et il existe d'autres publications dans le même pays[3]. Les remarques suivantes nous permettront de préciser nos intentions :

a) motivation et interdisciplinarité.

Les essais d'enseignement montrent que l'intérêt et l'initiative des élèves trouvent ici de nombreuses occasions de se manifester car ils peuvent découvrir beaucoup de choses qu'ils connaissaient mal ou pas du tout et ils peuvent donner libre cours à leur désir de manipulation. Les possibilités d'exploitation interdisciplinaires sont nombreuses : utilisation des matériaux et de l'expérience pratique des travaux manuels comme base d'une étude plus fondamentale des propriétés, application des connaissances acquises pour un choix raisonné des matériaux et des outils[4], introduction à certains aspects de la technologie actuelle (rapports de l'homme à la matière[5].

---

1) un exemple : D. ULLRICH, Werkstoffphysik, curriculare und didaktische Grundlagen für einen Fortgeschrittenenkurs zur Festkörperphysik in der Lehrerausbildung, Physica/Didact. Vol. n°3, 1978 p.147-172, ne propose rien sur les propriétés mécaniques "technologiques" des matériaux.

2) Science 5/13 : *Metals, Children and Plastics, Working with Wood, Structures and Forces,* Mac Donald International.

3) D.W. HARDING, L. GRIFFITHS, *Materials,* Longman Physics Topics 1968
- *Simple Materials Testing Equipment,* Projet Technology Handbook, Heinemam 1972
K. SPRECKELSEN, B. BEENS, W. PEISKER, *Stoffe and ihre Eigenschaften,* Francfort, Moritz Diesterwey 1971, 72 p.

4) - *Artisanat et Loisirs : outils et matériaux* , Time Life International 1976

5) A. LEROI-GOURHAN, *L'homme et la matière,* ouvrage cité
- *Matériau, Technologie, Forme,* Catalogue d'exposition du Centre Beaubourg 1974.

Cependant, nous voudrions avant tout discuter de l'intérêt du thème pour l'initiation aux sciences physiques.

b) solides et modèles continus.

Dans l'organisation progressive des concepts, lois, modèles ou théories qui contribuent à la notion scientifique de matière, l'existence des corps rigides et de l'état solide est fondamental[1]. C'est la donnée pratique et théorique sans laquelle aucune définition ni mesure des formes, des mouvements, des autres états, des changements d'états n'est possible. Mais l'étude expérimentale de la forme des solides est souvent laissée dans les écoles aux mathématiciens;parce que ce n'est pas leur préoccupation, ils ne s'intéressent pas beaucoup aux questions sur l'adéquation des définitions et théorèmes de la géométrie aux solides réels : problèmes de cohésion, de déformations sous les contraintes (tensions, température,... de vieillissement) qui sont au coeur de la mécanique des matériaux; pourtant ce sont justement ces questions que l'on doit affronter dès qu'on veut construire effectivement un objet utilisable ou faire des mesurages avec un instrument.

Or les propriétés physiques qu'il faut alors prendre en considération renvoient au premier abord à un modèle continu de la matière. Mettre l'accent de manière unilatérale sur les modèles particulaires nous semble donc une erreur[2]. Toute l'histoire de la physique montre d'ailleurs le développement alternatif ou parallèle des deux grands modèles de représentation et d'explication du réel en fonction des caractéristiques des phénomènes, et en particulier du niveau auquel ils se situent. En tant que modèle scientifique, l'un ne prend sans doute sa signification entière que par différence, opposition ou synthèse avec l'autre. L'initiation à la physique doit donc viser à permettre de passer de manière justifiée de l'un à l'autre, plutôt que d'imposer une "vérité".

Ajoutons en outre qu'une première approche des déformations, outre sa contribution à l'analyse des propriétés des matériaux et solides réels, est un point d'appui indispensable pour la notion de force et la mécanique.

---

1) on peut s'en rendre compte à la lecture des contributions à la Onzième semaine Internationale de synthèse; *Qu'est ce que la matière ? Histoire du concept et conception actuelle,* PUF 1945. Plus récemment, R.COLLONGUES, *dans la matière aujourd'hui,* Ed. Seuil, 1981, montre toute l'importance pratique et théorique de l'étude des matériaux. L'ouvrage cité de DINZIN fonde les notions fondamentales de la technologie industrielle sur les propriétés des matériaux et les formes qu'ils permettent d'obtenir.

2) on a déjà vu avec la notion d'élément chimique, d'autres désavantages d'un point de vue particulaire unilatéral. Ce qui est en question ici est la prise en compte dans l'enseignement des grands "themata" de la pensée scientifique, fortement mis en valeur par G. HOLTON (l'imagination scientifique, Gallimard, 1981, p.21-47).

Un premier niveau de connaissance peut être atteint ici, dont il n'est pas superflu de souligner l'importance technologique et scientifique.

B - quantitatif et qualitatif

Mais la comparaison des duretés est aussi pour nous l'occasion de poser dans la pratique de nombreuses questions liées à la mesure des grandeurs. Or la physique est incontestablement constituée par la construction des grandeurs et de leurs relations exprimées sous forme mathématique[1]: la mesure est donc un problème essentiel[2].

La dureté n'est pas une grandeur mesurable au sens strict : c'est seulement une grandeur ordinale. Les "nombres de dureté", les mesures de dimensions d'empreintes, nous montrent ici que le quantitatif et la mesure (des longueurs dans notre cas) peuvent être présents dans des raisonnements qui n'utilisent que les relations d'ordre et d'équivalence et peuvent donc être qualifiés de qualitatifs[3]. Bien plus, on a vu qu'il y a en réalité autant de définitions opératoires plus ou moins compatibles que de types de procédés pour effectuer les comparaisons. On peut donc s'étonner que cette notion puisse apporter à la compréhension de la mesure.

Mais pour nous, c'est justement parce que la dureté est en même temps une notion difficile, où le maître peut d'autant moins avoir l'illusion que la définition est évidente qu'il y en a plusieurs, et parce que c'est une occasion de manipulations simples, comme des essais de rayure mutuelle, de comparaison des empreintes à la bille entre deux échantillons serrés dans un étau , de hauteur de rebondissement, qu'elle a un intérêt tout spécial pour l'apprentissage du mesurage objectif.

D'abord on peut ainsi mettre en évidence une des finalités du mesurage la reproductibilité et l'efficacité d'opérations techniques, qui conduit à utiliser le triple apport de la mesure : permettre et faciliter les comparaisons, la mémorisation et la communication. La dureté est d'autant plus intéressante qu'il est possible d'utiliser les résultats, et de les comparer à des tableaux actuels pour les techniciens.

---

1) J.M. LEVY-LEBLOND, physique et mathématique, *Encyclopaedia Universalis*, Vol.13 p.4-8

2) pour les développements pédagogiques de cette question à l'école primaire : M. BOTTIN, L. HOT, J.L. MARTINAND, mesurage et initiation aux sciences physiques, article à paraître dans le *Bull. de l'Union des Physiciens*.

3) comme dans le rangement de tous les matériaux selon leur dureté à partir de comparaisons 2 à 2 qui utilise la transitivité et l'antisymétrie de la relation d'ordre.

Ensuite, il faut résoudre de nombreux problèmes d'ordre scientifique : définir la notion de manière opératoire pour orienter vers un type de manipulation réalisable; se donner les critères correspondant aux relations d'ordre ou d'équivalence[1]; dégager la signification de la propriété utilisée et comprendre ce qui se passe lorsqu'il y a échec[2]. Du point de vue logico-mathématique, on a vu que la dureté permet d'opposer mesurage (dimensions d'empreintes) et repérage (duretés) et de raisonner sur les relations d'ordre.

Enfin, il faut se donner les moyens d'une comparaison objective : inventer des dispositifs où l'intervention et l'appréciation personnelles soient exclues (application d'une force) ou réduites au minimum (mesure des empreintes), assurer la reproductibilité des opérations, améliorer la pratique des instruments (ne pas serrer trop fort avec l'étau).

C'est la présence de toutes ces difficultés résolubles qui fait à nos yeux la valeur du thème sur la dureté au niveau de la 6ème. Mais pour que ces possibilités soient exploitées, n'importe quelle démarche pédagogique n'est pas acceptable[3].

2.3.2.2. Démarches et objectifs.

A - investigation autonome.

Dans la conception de l'unité sur les propriétés mécaniques des matériaux, et en particulier la partie sur la dureté, le choix fondamental que nous avons fait est celui de la démarche : nous voulions que les enfants puissent mener leurs investigations le plus loin possible en situation d'autonomie, de manière analogue à celle qui est mise en oeuvre dans les activités d'éveil (voir première partie, chapitre 2).

---

1) par exemple, dans l'essai à la bille dans un étau discuter si les actions sur chacun des échantillons sont identiques, si la bille ne se déforme pas,e
2) par exemple, comprendre pourquoi lorsqu'on compare une plaque de caoutchouc et une d'acier, il n'y a pas d'empreinte sur le caoutchouc et une sur l'acie
3) nous pensons donc que les critères de choix proposés par U. HABER-SHAIM et qui le conduisent à exclure la statique, devraient être revus, en ne concevant pas l'initiation aux sciences physiques à partir des seuls contenus correspondant à ceux qui préoccupent les physiciens dans leurs recherches où à ceux qui figurent dans les grandes parties traditionnelles de la physique universitaire. U.HABER-SCHAIM Criteria for the Selection of Topics in Physics for the Middle School. *Physics Teaching in Schools*, Taylor and Francis, 1978,p.145-151

a) le choix s'oppose à diverses autres possibilités :

- une démarche d'exposition traditionnelle nous semblait impraticable à cause de la complexité de la notion de dureté : faire comprendre les difficultés et les limites d'une formulation nous paraissaient inaccessibles.

Prenons pour illustrer ce fait un montage comme celui de la bille entre deux échantillons serrés par un étau, que les enfants arrivent à concevoir eux mêmes avec un minimum d'aide. En général, la symétrie de principe (mais les échantillons sont différents), évite aux enfants de se poser des questions trop difficiles sur les forces réellement exercées[1]. Dans une démarche ou l'initiative appartient aux élèves, une telle situation est acceptable (elle reproduit ces moments si fréquents dans la recherche où l'on fait "l'impasse" sur une difficulté en adoptant une justification provisoire, pour aller plus loin) : la cohérence des résultats fournit la justification à postériori, une incohérence oblige à préciser, limiter... Dans une démarche où le maître présenterait lui-même le principe de la comparaison, l'escamotage de la difficulté, qui aboutirait à des remises en causes ultérieures, serait difficilement justifiable, et assez dangereux.

Plus généralement, l'absence de définition universelle de la dureté, les multiples difficultés d'application de la notion conduiraient à des précautions innombrables et incompréhensibles. C'est dans le mouvement de l'investigation même qu'il faut inscrire les extensions et les limitations des concepts et des applications.

- mais de même, les difficultés qu'éprouvent les élèves à démêler seuls leurs propres intuitions incohérentes, nous semblent exclure une démarche fondée sur le seul "dialogue avec les objets"[2]. Une démarche plus complexe, utilisant les conflits, nous paraît nécessaire[3].

---

1) on a une situation analogue dans la pesée avec une balance à bras égaux

2) A. CHRISTOFIDES-HENRIQUES et C. COLL, comment dialoguer avec les objets ou l'enseignement des sciences expérimentales à l'école primaire : perspectives piagétiennes, *cahiers de la section des sciences de l'Education*, Un. de Genève, n° 2, 1976

3) "contrairement aux postulats des pratiques pédagogiques ou de théories du "Social Learning" il est apparu que ce n'est pas tant l'imitation que la confrontation à un point de vue différent du sien - fût-il incorrect- qui est la source des progrès enregistrés. Le conflit socio-cognitif engendré par la mise en présence de centrations différentes semble être le processus à l'origine des évolutions individuelles constatées. Pour que les enfants élaborent une notion, il n'est pas nécessaire qu'un des deux la maîtrise, il suffit qu'ils l'abordent avec des points de vue conflictuels".
A.N. PERRET-CLERMONT, Recherche en psychologie sociale et activité éducative, *Rev. Française de Pédagogie*, n°53, 1980, p.30-39. Cet aspect nous semble insuffisamment pris en compte dans la conception de "l'interstructuration du sujet et de l'objet dans l'organisation de la connaissance" de L. NOT, *les pédagogies de la connaissance*, Privat, 1979, dont les thèses sont par ailleurs très proches de celles illustrées ici.

C'est pourquoi, avec plus de temps et de souplesse dans l'horaire, nous aurions tenté une démarche de projet[1] en lançant des équipes sur le thème global de la dureté des matériaux : recherche de documentation, essais de reproduction d'expériences, etc.

b) Finalement, c'est une démarche de résolution de problème que nous nous sommes efforcé de mettre en oeuvre, avec plusieurs étapes :

- discussion collective pour aboutir à une définition commune de la dureté. Le but est ici, par l'affrontement des conceptions, d'arriver à fixer tous les enfants sur une définition provisoire, qui élimine les contradictions, s'appuye sur une opération (rayer, enfoncer), incite à réaliser; nous appelons "opératoire" une telle définition;

- recherche par petits groupes de 3 ou 4 d'un dispositif permettant de réaliser une comparaison "objective", c'est à dire sans intervention directe du "sujet" utilisant sa force ou ses sensations, et applicable à la plupart des matériaux. Cette recherche, débouchant sur des propositions dessinées, est suivie d'une critique par la classe et du choix d'un type de dispositif;

- réalisation du dispositif et premier essais en petits groupes ; présentation des réalisations et critique par la classe pour améliorer dans le sens de l'objectivité et de la fiabilité;

- mesures systématiques par groupes sur l'ensemble des échantillons; après recherche éventuelle d'un plan des essais; mise en commun et critique des résultats;

- mise en forme définitive (rangement des échantillons selon leur dureté), comparaison avec la documentation et les résultats obtenus avec une autre méthode.

A chaque étape, définie par un problème, dont l'expression prend en compte les données acquises et oriente la recherche, correspond donc une phase d'investigation autonome en petit groupe (dessin, montage, essai), suivie d'une mise en commun en grand groupe. La démarche nous semble ainsi favoriser l'autonomie tout en permettant le succès par un guidage qui s'exerce lors des phases collectives sur la position des problèmes.

---

1) J. VIAL, *pédagogie du projet*, INRP, 1976

B - Obstacles et objectifs.

Ce choix prioritaire de démarche pédagogique est équivalent au choix prioritaire d'un objectif d'attitudes : chercher à réaliser une procédure expérimentale pour répondre à une question. Il se traduit par la mise au premier plan d'objectifs de méthodes :

- une propriété ayant été définie de manière opératoire, mettre au point une procédure expérimentale aboutissant à une comparaison, un repérage, une mesure :

  - élaboration de la procédure
  - réalisation du dispositif
  - choix ou réalisation de l'éprouvette
  - conduite ordonnée de l'ensemble des mesurages

- exprimer les résultats (tableau cartésien, représentation graphique, loi) de manière à pouvoir les présenter de manière condensée et communicable, les confronter à la documentation, transcrire en une phase la relation dégagée.

Dans les documents à l'usage des maîtres expérimentateurs, d'où sont tirés ces objectifs (annexe IIc), il apparaît que les objectifs d'attitudes et de méthodes ne sont qu'une autre manière d'exprimer et de préciser les choix de démarches pédagogiques. Qu'en est-il des objectifs conceptuels ?

Si l'on consulte le document, on constate que, nous n'avons pas cherché à formuler ceux-ci (dureté, fragilité, déformations élémentaires,...) mais seulement à avertir les maîtres des obstacles conceptuels : dissocier pour les solides les notions objet/forme/matériaux et leur rattacher les propriétés correspondantes; en ce qui concerne les matériaux, différencier

  - dur-mou par rapport à cassant-non cassant
  - domaine élastique, domaine plastique, rupture.

On peut penser qu'il y a ici carence de formulation des objectifs conceptuels, même si un début de caractérisation est engagé dans la direction des objectifs-obstacles.

Mais nous ferons trois remarques :

- premièrement, il ne nous semble pas que donner une définition (ou des définitions de la dureté) aiderait plus les maîtres dans leurs interventions pédagogiques. Au contraire, cela les inciterait à essayer de les atteindre

à tout prix, et donc à limiter la mise en oeuvre d'une démarche d'investigation autonome.

- deuxièmement, les analyses sur le problème de la dureté, ont montré l'impossibilité de la définir de manière complète en dehors du champ de référence empirique choisi : donner une définition apporterait sans doute plus de confusion que d'avantage.

- par contre, l'explicitation des obstacles à la conceptualisation sur le thème de la dureté nous semble une aide importante qui a permis de focaliser les efforts des maîtres expérimentateurs. Elle s'appuye principalement sur des investigations épistémologiques et l'étude empirique des conceptions enfantines, et non sur l'application d'un modèle d'analyse d'objectifs, comme a pu le faire d'HAINAUT à propos du concept de force[1].

2.3.3. GENERALISATION

Thèmes, démarches et objectifs

Avec cette troisième étude de cas, nous pensons avoir montré qu'il est possible et intéressant d'utiliser la conception des objectifs-obstacles. Cela nous a conduit à étudier les difficultés intrinsèques de la notion de dureté qui subsistent dans son usage actuel, et telles qu'elles se sont manifestées et résolues dans l'histoire de la notion, puis les incohérences des enfants sur le sujet, et les possibilités de succès dans l'apprentissage. Il en est résulté la possibilité de centrer les visées conceptuelles du projet d'initiation de manière plus précise.

Mais il n'en résulte pas cependant la possibilité de poursuivre très loin la caractérisation de l'objectif conceptuel dureté. Dans ce projet d'enseignement, si l'on choisit d'abord le thème, puis une démarche pédagogique adaptée aux visées générales et s'attachant à résoudre les difficultés, il apparaît en effet une certaine impossibilité à prévoir ou fixer à l'avance de manière complète comment les enfants définiront la dureté et utiliseront la notion. En même temps, les essais dans les classes montrent que ce n'est pas nécessaire pour le diagnostic et la régulation des situations didactiques.

---

1) D'HAINAUT, *des fins aux objectifs de l'éducation*, Nathan, 1980, p.270-279

Y consacrer plus d'efforts apporterait peu de bénéfice.

Nous pensons que ce fait est plus général : dans une démarche pédagogique qui privilégie l'investigation autonome et veut la mettre en oeuvre de façon cohérente, une conception pragmatique des objectifs impose l'interdépendance entre thème, démarche et objectifs[1]. Pour la comparaison objective des duretés, cela se traduit par l'appui mutuel des indications sur la démarche (étapes de l'investigation) et les objectifs de méthode, et l'effacement des objectifs conceptuels devant le repérage des obstacles qui s'opposent au progrès de l'investigation.

Par contre il est évident que ce ne serait pas la situation d'un apprentissage de la notion d'élément, pour lequel une démarche d'investigation autonome est d'ailleurs difficilement concevable. Là, il est nécessaire de caractériser à priori les objectifs cognitifs qui sont les guides essentiels de l'apprentissage. Mais dans ce cas, les objectifs d'attitudes et de méthodes sont évidemment secondaires : cette différence est fondamentale.

Ce problème de l'interrelation entre thème, démarches et objectifs semble devoir se poser d'autant plus qu'on s'intéresse à des initiations, donc des enfants plus jeunes, ou des situations de vulgarisation, et d'autant moins qu'on vise des compétences précises dans un apprentissage programmé.

Mais cette interrelation n'intéresse pas seulement les concepteurs de curriculum. La position a priori et un peu "technocratique" qui a été adoptéedans la seconde partie de ce travail doit être corrigée par la connaissance de la prise en compte réelle par les maîtres des contenus et objectifs pédagogiques, donc des rapports thème-démarche-objectifs. Aussi, même si nous nous attacherons surtout dans la suite à étudier la manière dont un groupe de maîtres expérimentateurs de curriculum s'est comporté avec les objectifs, nous garderons présent à l'esprit les limites des seuls objectifs dans l'ensemble des instruments de régulation pédagogique.

---

1) la"définition préalable"donnée par J. POCZTAR : "nous appelerons "objectif" ce que saura, sera ou fera un "élève" au terme d'un processus d'apprentissage dont on ne préjuge en rien pour l'instant. De ce point de vue, un objectif est un *résultat* défini *indépendamment* des moyens qui sont nécessaires pour l'atteindre", si elle nous semble judicieuse en première approximation (par exemple ici pour les attitudes et méthodes) est donc trop rigide en seconde approximation. (J. POCZTAR *la définition des objectifs pédagogiques*, ESF. 1979, p.25.)

3ème PARTIE

OBJECTIFS POUR UNE INITIATION AUX TECHNIQUES DE FABRICATION ÉLÉMENTS D'ÉVALUATION

3, 1

CARACTÉRISATION DES OBJECTIFS

3.1.1. ROLE DU TABLEAU D'OBJECTIFS

Dans la deuxième partie de ce travail (2.1 contenus pour une initiation aux techniques de fabrication mécaniques) et dans l'annexe 2.a (essai du module techniques de fabrication), les conditions et les raisons des choix didactiques du module ont été explicitées. Mais avant de donner quelques éléments d'évaluation à propos des objectifs de ce module, il est nécessaire de résumer les aspects essentiels.

3.1.1.1. Contenus et démarches. Les buts généraux du projet sont les suivants :

- satisfaire l'intérêt des élèves pour une réalisation concrète et contemporaine,
- donner quelques compétences pratiques (matériaux, outils, machines),
- initier à une culture générale technologique en mécanique,
- donner une référence réaliste pour l'orientation scolaire et professionnelle.

La démarche pédagogique s'appuie sur trois idées-force :

- réaliser un objet de type industriel selon un "contrat" défini à l'avance,
- privilégier une approche globale des problèmes pratiques, cherchant à développer compétences et attitudes,
- coupler la "production" à une réflexion technologique s'appuyant sur des problèmes théoriques et pratiques et donnant une première maîtrise des langages, méthodes et connaissances.

Tout en insistant sur la référence à la pratique de production industrielle, il est nécessaire de marquer quelques différences :

- le module n'est pas une initiation préprofessionnelle,
- le va-et-vient réalisation - réflexion est permanent,
- les tâches sont progressivement reprises à des niveaux de complexité et de diversité supérieurs,
- il y a rotation systématique sur les postes de travail et progressive autonomie,
- certains transferts sont cherchés par des activités documentaires ou des visites extérieures.

Tous ces aspects requièrent une ferme direction didactique de la part du maître : planifier le travail, rectifier les erreurs, évaluer les acquis. Il ne suffit pas pour cela de dominer les techniques de fabrication ou de suivre son intuition pédagogique ; dans un enseignement nouveau de ce type,

il y a besoin d'instruments pour orienter et réguler les interventions des enseignants ; parmi ceux proposés dans l'annexe 2,a figure le tableau des objectifs.

3.1.1.2. Place des objectifs dans la conception du module. Il ne s'agit pas de reprendre ici toutes les visées introduites par les objectifs et discutées dans la première partie : le "point de vue des objectifs" lorsqu'il est réellement investi dans un projet didactique se présente de manière très concrète et plus restreinte. Ici trois orientations fondamentales devaient être mises en valeur :

1) se placer du point de vue de l'élève - le "faire" de l'élève - et non du point de vue des interventions ou des intentions du maître ;

2) dissocier, au moins temporairement, buts, activités et sujets d'étude, analyser les uns et les autres, de manière à effectuer des choix plus libres et argumentés : sur quoi porte le "contrat", quelle est la démarche pédagogique, quel sera le cheminement prévisible de chacun?

3) se donner des moyens d'évaluation en dégageant des comportements observables.

Pour l'enseignant expérimentateur qui n'avait aucun "modèle" (ni tradition, n'ayant jamais eu au même âge un enseignement de ce type, ni formation systématique de plus haut niveau à adapter), et qui était donc en situation d'"autonomie forcée", les objectifs devaient être de plus un outil d'harmonisation entre les deux buts compatibles en principe, mais souvent contradictoires en fait (voir annexe IIa) : réussite de la fabrication, réflexion technologique.

Convaincus par ailleurs de la difficulté de "transmettre" des objectifs (1), mais aussi de ce que "l'effort même de définition des objectifs par les maîtres est créateur de projets, d'initiatives pédagogiques, en même temps qu'il est créateur de nouveaux besoins, de connaissances nouvelles, d'études didactiques, de confrontations de méthodes et d'idées..." (2), il s'agissait

---

(1) "les objectifs sont "intransmissibles". Plusieurs mois ou années d'effort, plusieurs dizaines de séances, ont abouti à des définitions qui, si elles sont excellentes pour ceux qui les ont produites, apparaissent dérisoires, tant elles sont simples, à ceux qui les lisent avant de commencer eux-même". B. Schwartz préface à D. Hameline, *les objectifs pédagogiques en formation initiale et continue*, 1979 (p.19). Peut-être voudrait-il mieux dire que si les objectifs sont isolés des autres aspects pédagogiques ils sont intransmissibles.

(2) J. Pocztar, *La définition des objectifs pédagogiques ; bases, composantes et références de ces techniques*, 1979 (p.147).

pour les concepteurs du module de faire participer au maximum les expérimentateurs à l'élaboration du tableau des objectifs. D'où une procédure de mise au point comportant :

- des propositions initiales des concepteurs, intégrées au stage de formation initiale et s'efforçant de répondre aux préoccupations de contrôle ("comment noter les élèves?");
- un travail de mise au point par une commission lors du stage-bilan d'Orléans (juin 75) ;
- un travail de recherche, plus théorique, et portant sur l'orientation, la critique, la généralisation des élaborations successives.

3.1.2. EVOLUTION DE LA CARACTERISATION

3.1.2.1. Problèmes de caractérisation. Deux problèmes principaux se sont posés avec les objectifs du module : quel degré de généralité leur donner? quelles sont les opérations constitutives de la caractérisation?

Le premier problème reçoit dans les taxonomies une solution simple : on passe des objectifs généraux, ceux d'un curriculum, à des objectifs particuliers, ceux d'une leçon, par spécification. Deux hypothèses sont invoquées : les objectifs s'emboitent les uns dans les autres, tout objectif intermédiaire est un prérequis. Dans une démarche d'approche globale, pour une première initiation, ces deux hypothèses ne sont pas évidentes : les mouvements de dissociation et d'intégration des capacités mettent en évidence des orientations permanentes, mais abordées à différents niveaux, des dominantes dans une "leçon", et de multiples objectifs connexes demandant une certaine vigilance.

Le second problème reçoit aussi une solution traditionnelle : on différencie élaboration - classement et utilisation. Dans notre situation, nous reprendrons l'analyse de De Corte et al. (1) qui distinguent des problèmes de formulation, d'"inventoriation", de classification et d'évaluation qui correspondent beaucoup mieux aux difficultés que nous avons cherché à résoudre.

3.1.2.2. Esquisses de 72 et 73. Les documents et tentatives disponibles à l'époque sur des domaines analogues ou voisins de l'initiation aux techniques de fabrication étaient peu nombreux : l'application de la

---

(1) E. De Corte, C.T. Geerligs, N A J Lagerweij, J.J. Peters, R. Vandenberghe, Les fondements de l'action didactique, Bruxelles, De Boeck, 1979, p.45-78.

taxonomie de Bloom faite par Baldwin à l'éduction technologique industrielle (1), donnant beaucoup d'idées de détail d'un point de vue psychologisant et peu technologique, le Project Technology anglais, où la préoccupation de formulation des objectifs semblait plutôt embryonnaire si on le compare aux Projets Scientifiques Nuffield ou Science 5 to 13, un manuel allemand de "leçons de choses" pour le primaire (2). Le numéro de Recherches Pédagogiques consacré à la biologie dans les CES (3) donnait l'exemple d'un tableau analytique extrêmement détaillé et conçu dans une perspective de biologistes : il servait au même moment de référence à d'autres tentatives, objectifs pour l'initiation physique et technologique, objectifs pour l'éducation manuelle et technique, décrites dans la première partie.

On peut ajouter à cette liste trois essais non publiés concernant l'expérimentation du contrôle continu dans les CET (CAP par "unités capitalisables"), un projet d'enseignement de tronc commun de technologie en seconde, fondé sur une analyse technologique détaillée (par l'Inspection Générale des Techniques Industrielles), et une transcription du tableau de biologie à la technologie (par J.-C. André de l'INRP). Le tableau du projet d'enseignement technologique en seconde donnait huit "objectifs généraux"(4), spécifiés en 21 "éléments d'approche" avec des commentaires et des exemples ; mais on ne peut dire que le "point de vue" des objectifs y ait été vraiment suivi avec rigueur. Quant à la grille d'évaluation pour les "unités capitalisables", sa conception, supposant la décomposition et l'"additivité" des compétences, était très étrangère à celle du module.

Dans le cadre du module, le travail s'est borné à cette date à des essais de classification et d'inventaire, reprenant les grandes catégories mises au point pour la biologie, mais les adaptant aux activités prévues pour les élèves en fabrication et en réflexion technologique. Notre souci était double : assurer la spécificité de l'initiation technique, mais rattacher à une classification générale pour favoriser les relations avec les autres modules, assez différents.

---

(1) Th. Baldwin, évaluation de l'apprentissage en éducation technologique industrielle in BS Bloom et al., *Handbook on Formative and Summative Evaluation of Learning*, Mac Grow Hill, 1971.
(2) H. Ullrich, D. Klante *Technik im Unterricht der Primarstufe*, 1973.
(3) *Biologie (initiation expérimentale) en 6e et 5e dans les CES expérimentaux*, INRP, 1972.
(4) 1 - faire comprendre comment se pose un problème technologique, 2 - faire retrouver comment s'organise une solution technologique, 3 - développer l'esprit créatif, 4 - montrer la nécessité de "langages" et leur adéquation au type et au niveau des problèmes, 5 - donner le goût de l'action finalisée, 6 - sensibiliser aux problèmes de fabrication, 7 - donner des notions d'organisation du travail, 8 - montrer la place de l'homme dans le monde technologique.

3.1.2.3. les dispositions de 74-75. Au début de cette année qui voit le premier essai du module à grande échelle, classification, inventaire et formulation des objectifs débouchent sur la rédaction du premier tableau distribué lors du stage préparatoire de déc. 74 (rédaction : J. CHABAL).

Du point de vue général, les problèmes suivants sont apparus :

- si l'on se limitait à la fabrication, et donc à des objectifs de capacités pratiques, il serait facile (mais long) d'exprimer les objectifs en terme de comportement (1) puis de décomposer en prérequis : cela nous semblait illusoire et surtout contraire aux intentions du module.
- mais il y avait quelque chose à garder des objectifs comportementaux, c'est-à-dire la possibilité d'observation et d'évaluation. Pour échapper à l'hypothèse "behavioriste" (2), nous avons décidé de donner des *"indicateurs d'évaluation"*, sans en faire des objectifs. Pour échapper à l'atomisation des objectifs comportementaux, nous avons décidé de procéder à des regroupements, et de donner des définitions assez larges, les objectifs correspondant à des orientations globales sur des obstacles à franchir ou des capacités à construire, et non à des opérations psychologiques ou psychomotrices.
- la dualité objectifs-activités est une difficulté permanente dans un module fortement dynamisé par la production et non par les objectifs pédagogiques. Nous avons essayé de marquer la dissociation des deux aspects en introduisant explicitement des *exemples types d'activités* où les objectifs peuvent être poursuivis ou investis .
- il subsistait des difficultés de classification ; certains objectifs étaient hétérogènes, il pouvait y avoir des contradictions, des recouvrements ; la question de la hiérarchisation n'avait pas été abordée.
- enfin, trois "objectifs" au niveau collectif étaient présentés à part : "production collective d'objets conformes à un contrat", "socialisation globale du groupe élèves", "couverture du milieu scolaire sur une image du monde technologique non distordue".

En résumé, la caractérisation des objectifs a visé à clarifier et préciser les intentions, à spécifier la formulation au domaine et la rapporter

---

(1) sujet et comportement : l'élève saura construire
produit et performance : un compresseur (par groupe de 6 élèves)
situation et conditions : selon les dessins et gammes fournis et avec le matériel du module
critère de réussite : la pression obtenue sera > 1,5 bar

(2) "en testant des comportements, on contrôle le *résultat* de processus mais non ces processus eux-mêmes. L'évaluation porte sur des performances alors qu'elle devrait porter sur des compétences". J. Pocztar, op.cit., p.37.

aux difficultés d'apprentissage,à inventorier, répertorier, et classer les objectifs, opérationnaliser des indicateurs d'évaluation et donner des types d'activités. Le tableau sera utilisé, critiqué et repris durant l'année d'essai 74-75.

3.1.3. PRESENTATION ET JUSTIFICATION DU TABLEAU

3.1.3.1. Nous donnons ci-dessous le tableau des objectifs issu du travail de commission au stage d'Orléans de mai 75 (6 personnes).

3.1.3.2. Remarques générales sur le tableau.

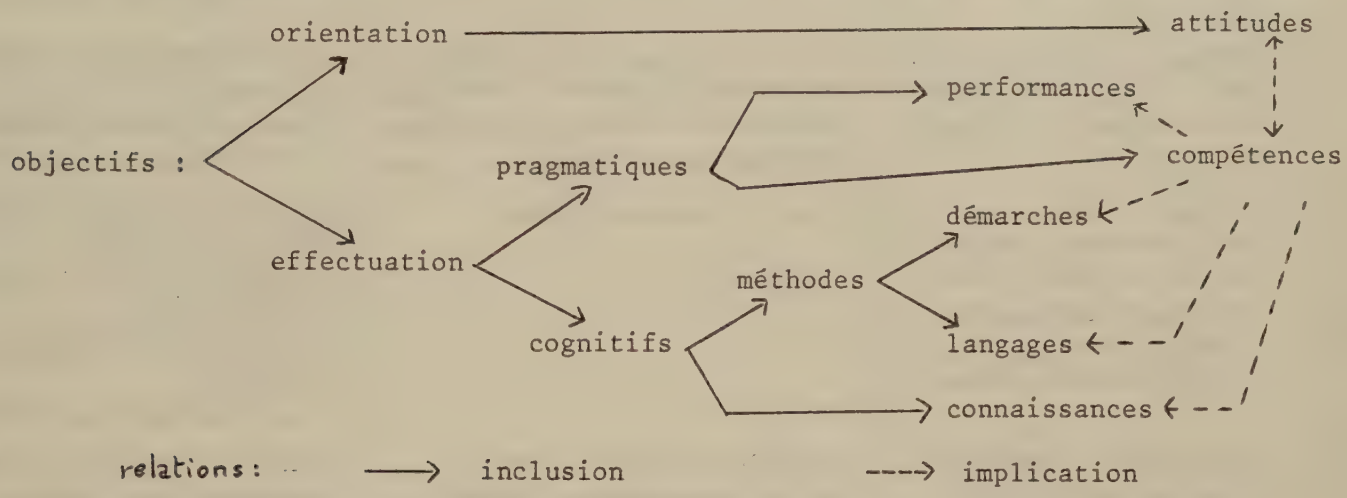
Lors du stage d'Orléans, un certain nombre de critiques ont été faites au tableau de 74 (1). Les expérimentateurs ont exprimé des difficultés de compréhension, un certain éloignement des activités réelles. Du point de vue théorique on a noté l'absence de définition ou de description, des incohérences dans la classification, des oublis dans l'inventaire (curiosité pour les attitudes, relations numériques pour les langages, propriétés géométriques et organisation productive industrielle pour les connaissances). Le problème de l'intégration d'un certain nombre de performances en une compétence, ou de la différenciation de cette dernière n'était pas posé.

Pour tenir compte de l'expérience des enseignants et des exigences théoriques des modifications ont été réalisées par la commission :
- nouvelle classification avec de grandes catégories : attitudes, performances, compétences, maîtrise des langages, démarches, notions et lois. L'ordre indique une certaine dépendance : privilégier les attitudes de manière permanente, ensuite les compétences liées à la fabrication et donc les performances nécessaires pour y arriver, puis les méthodes, langages et démarches qui résultent d'une prise de conscience des réussites et de leurs raisons autant que d'apprentissages systématiques, et enfin les connaissances qui sont des retombées des activités bien menées et du développement des attitudes.

---

(1) Le point de vue d'un observateur extérieur sur le travail de la commission objectifs est donné dans W. Hörner *Curriculumentwicklung in Frankreich* , 1979, p.324-325. Il y souligne l'importance des discussions qui eurent lieu pour la théorie des curriculums.

Les relations entre classes d'objectifs peuvent être représentées dans le réseau ci-dessous :



- formulation d'une "définition" pour chaque objectif qui cherche à caractériser en une phrase ce que l'élève doit pouvoir faire en certaines occasions (les "types d'activités"), au niveau des élèves qui suivent le module (première initiation). Si la nouvelle classification et l'inventaire supposaient seulement un accord des expérimentateurs, après le premier essai du tableau 74, tous étaient d'accord pour dire que la formulation, liée aux difficultés que les activités font apparaître et que le module doit permettre de surmonter demande une évaluation empirique, et ne peut être déduite a priori.
- dans le tableau de 74 existaient trois grands "objectifs collectifs" avec leurs indicateurs. Le tableau de 75 conserve l'idée de caractéristiques collectives essentielles au module, mais réserve le terme d'objectifs à ceux qui concernent chaque élève individuellement. La commission a ajouté deux "critères" de réalisation des buts du module au niveau collectif :
  . nombre d'objets terminés par le groupe d'élèves et conformes au "contrat",
  . socialisation du groupe dans la fabrication collective (voir annexe IIa).

Par contre l'ouverture sur le monde technologique a été abandonnée comme exprimant une intention générale du module et non un objectif précis. Il faut noter ici que de très grosses discussions avaient eu lieu sur ces "objectifs collectifs" en 73-74, en particulier sur le nombre d'objet à produire par groupe.

	OBJECTIFS - DEFINITION	TYPES D'ACTIVITE	INDICATEURS D'EVALUATION (exemples)
ATTITUDES	Curiosité : prendre plaisir à manipuler, fabriquer ou analyser des objets ou des problèmes techniques, à rechercher de la documentation	(Il n'y a pas d'activités spécifiques développant par elles-mêmes des attitudes)	- Observations spontanées et hors la classe - Manipulation, interrogation des personnes compétentes
	Efficacité : Chercher à réaliser une tâche le plus rapidement et conformément à des exigences de qualité	- Toutes activités fabricatrices hors des périodes de recherche de solution - "Méthode" dans la recherche des éléments de réponse à un problème	- Nombre d'actes non nécessaires, irrationnels - Vitesse d'avancement du travail, nombre d'arrêts dans la progression.
	Autonomie : - Réaliser seul une tâche préalablement définie - Prendre la décision lorsque les éléments de la solution sont rassemblés. - Contrôler son propre travail.	- Tâche de fabrication unitaire	- Nombre d'interventions demandées à l'extérieur (maître...) - Capacité d'assumer les décisions ou les engagements - Capacité de s'arrêter avant l'acte irréparable - Qualité des exécutions (précision)
	Socialisation : - Etre capable de coopérer avec les autres (communication, travail) - Avoir conscience de sa responsabilité par rapport au matériel et par rapport aux autres - Faciliter et organiser les activités collectives	- Toutes les activités où le but collectif précisé dans un "contrat" est perceptible et formulable par par les enfants : organisation du travail, tenue d'un planning...	- Respect du matériel et du travail - Entr aide entre camarades - Intérêt pour l'avancement du travail collectif
PERFORMANCES	Perceptions : être capable de différencier les signaux (bruits) résistances mécaniques, distances) caractéristiques d'un fonctionnement normal ou anormal	- Mesures : évaluation des coïncidences - Choix d'une clé de diamètre adéquat - Chariotage à la machine - etc...	- Qualité de l'évaluation (± 0,5..±0,1..) - Nombre d'essais infructueux - Arrêt on non lors de bruits anormaux
	Régulation du geste : réguler les gestes en fonction des résultats prévus et à partir des perceptions accompagnant l'opération	- Toutes les opérations manuelles - Opérations sur machines	- Maintien d'une direction : taraudage, sciage - Nombre de résultats non conformes : serrage insuffisant ou trop fort - Casse
	Orientation spatiale : être capable d'effectuer ou d'imaginer une opération dans une situation faisant intervenir les 3 dimensions de l'espace	- Tracés - Utilisation d'un système vis-écrou - Etc...	- Erreurs conduisant à des résultats inversés (déplacements, angles) - Temps nécessaire pour déterminer un sens de rotation - Etc...
COMPETENCES	Etre capable d'utiliser efficacement un instrument ou un objet : - Choisir l'outil adapté à un travail donné - Utiliser un outil selon ses possibilités et en se conformant aux règles de sécurité - Entretenir l'outil en bon état	Mesures - tracés - montages préliminaires (pièces, outils...) - réglages - entretien	Utilisation d'outils inadaptés ou mauvais utilisation de ceux-ci - Non-respect des règles de sécurité (lunettes, vérification des ablocages.. - Nettoyage des instruments - Signaler les instruments en mauvais éta

Langue commune : savoir utiliser les différents niveaux de langue orale ou écrite, en particulier dans la communication nécessaire à la fabrication où à l'étude de problèmes technologiques (usage du vocabulaire spécifique)	- Rédaction d'un bon de commande - Lecture de fiches - Compte rendu d'enquête - Discussion collective d'un problème	- Nombre de termes précis remplaçant gestes ou périphrases - "Clarté" dans l'énoncé d'une réponse ou d'une question
Représentation graphique : - Savoir tirer des dessins techniques les informations nécessaires à la fabrication - Savoir décoder les différents types de schémas ou de dessins utilisés pour un raisonnement - Utiliser pour la communication ou la mémorisation des dessins ou schémas en intégrant tout ou partie de la normalisation	- Lecture des dessins d'ensemble et de détail - Travail sur fiches - Analyse de l'objet ou de la machine	- Erreurs d'identification ou d'interprétation des dessins - Recours spontanés à l'expression graphique : croquis, schéma...
Relations numériques : être capable de maîtriser les structures numériques additives et multiplicative	- Recherche de cotes non explicitées sur un dessin - Recherche d'une règle empirique pour le pliage - Calcul d'une avance	- Erreurs numériques
... - Savoir analyser les fonctions et l'organisation technologique d'un objet	- Etude du compresseur Fiches sur le fonctionnement - Etude de la machine-outil : montage, lecture de la notice...	- Description cinématique d'un mécanisme - Prévision de l'action sur un mécanisme - Transfert à un autre type de machine de la démarche (histoire du tour)
- Savoir analyser la dépendance des différentes opérations dans une activité de fabrication	- Enchainement temporel des opérations pour une pièce - Organisation du poste de travail pour une opération unitaire ou en série - Organisation du travail collectif	- prise des repères avant démontage - Repartition des spatiale des éléments du poste de travail - Qualité des réglages élémentaires (ex rattrapage des jeux...) - Capacité d'organiser un montage partiel ou total - Prévision du matériel nécessaire
- Savoir conduire une expéri mentation pour aboutir à une loi empirique ou vérifier une hypothèse	- Recherche d'une règle empirique pour le pliage de la tôle - Essai et détermination des performances	- Recours à l'expérience pour préciser une question
- Savoir effectuer une déduction en situation concrète en utilisant des notions et lois générales.	- Utilisation de la notion de circuit mécanique pour vérifier un montage ou déterminer la cause d'un mauvais résultat ou fonctionnement - Etc...	- Trouver les sources possibles d'un mauvais fonctionnement sans tâtonnement (nombre d'éléments non pertinents, d'oublis..)
- Savoir trouver dans la documentation les informations pour compléter ou confirmer son expérience	- Enquête à l'extérieur - Lecture de notices techniques	

DEMARCHES

NOTIONS et LOIS	- Notion de précision : dispersion jeux, tolérances	- Mesure, assemblage, manipulation
	- Aspects physiques des opérations de fabrication : coupe, déformations permanente et élastique, fusion, solidification, retrait..	- Usinage, formage, moulage
	- Propriétés mécaniques de certains matériaux utilisés	
	- Propriétés géométriques et mouvements relatifs	- Traçages, réalisation des surfaces par usinage
	- L'organisation productive industrielle (équipement, organisation, travail, histoire)	- Visites, enquêtes

(Transfert à d'autres situations, contrôles habituels de connaissances)

- le tableau est présenté comme une liste d'objectifs possibles car il ne semblait pas de la responsabilité des concepteurs et des expérimentateurs de donner des objectifs obligatoires, et la détermination des objectifs souhaitables demandait des essais plus approfondis, en situation de généralisation.
- chaque objectif est conçu comme un point de convergence, pouvant faire l'objet d'un effort spécifique lors d'une séance, mais inaccessible spontanément et résultant d'exercices renouvelés dans des situations favorables, ou de structurations guidées.
- les indicateurs d'évaluation ont été retravaillés, ainsi que la liste des types d'activités. Les indicateurs ne visent pas à l'exhaustivité (comme devraient le faire des objectifs de comportement) mais sont d'abord des suggestions pour que les maîtres diversifient leurs observations et leurs contrôles. Ils sont reliés aux objectifs par les types d'activité, la suggestion étant faite aux expérimentateurs d'explorer dans un premier temps le tableau de droite à gauche.

3.1.3.3. Remarques particulières sur les objectifs.

- en ce qui concerne les attitudes, dans la liste très vaste de celles qui pouvaient être choisies, on a privilégié la curiosité, l'efficacité, l'autonomie et la socialisation. Dans le tableau de 74 figurait la responsabilité, dont le contenu a paru recouvrir des aspects de l'efficacité, de l'autonomie

et de la socialisation ; la curiosité a été ajoutée en 75. La créativité, qui figure très souvent dans les objectifs de Travaux Manuels, à vrai dire à tendance artistique et non technique, n'a pas été prise en compte, apparaissant comme illusoire à ce stade d'initiation. Comme toujours avec les objectifs d'attitudes, ceux-ci sont contradictoires : on ne peut développer en même temps autonomie et socialisation par exemple ; il ne s'agit pas de reste d'équivoque, il doit y avoir des alternances (comme pour certaines démarches).

Pour ces objectifs, il était particulièrement important de donner une caractérisation (définition, types d'activités, indicateurs d'évaluation) "juste" c'est-à-dire spécifique au module, au niveau des progrès possibles des élèves et permettant l'observation et l'intervention des enseignants. Dans ces conditions, les définitions peuvent apparaître comme très particulières et faire perdre de vue l'idée qu'ils sont la spécification à ce domaine et à ce niveau d'objectifs très généraux de développement général (1).

- le groupe des objectifs de performances et de compétences posait deux problèmes. D'abord la différence entre performances et compétences qu'on peut rattacher d'une part à la différenciation et à l'intégration des capacités, d'autre part à l'actualisation ou la disponibilité de celles-ci. Les deux catégories sont à des niveaux différents, mais il n'est pas apparu possible d'en éliminer un. Le second problème concerne le rapport entre attitude d'efficacité et compétence. Il y a indubitablement des aspects qui se recouvrent, et qui montrent qu'"orientation" et "structuration" au sens de L. Not ne s'excluent pas. Mais il n'est pas apparu possible de trouver d'autres solutions dans la commission.
- le groupe des objectifs de langages nécessitait deux décisions, à propos de la langue commune et de la représentation graphique. Fallait-il privilégier la connaissance et l'emploi d'une terminologie spécifique ou l'usage de différents registres ou niveaux de langue? De même, jusqu'où pousser la maîtrise du dessin technique? Dans ces deux cas la formulation adoptée a semblé conforme à l'approche globale du module.
- pour les objectifs de démarches, les difficultés étaient surtout dans la spécificité des formulations adéquates au module (en particulier pour fonctions et opérations). La documentation qui a été classée dans ce cadre pourrait

---

(1) Sur ces problèmes voir les articles J.P. Laffont et L. Not la notion d'objectif affectif a-t-elle un sens? et de J.P. Laffont la socialisation comme visée éducative dans la théorie de Durkheim ou la difficile élucidation des visées in *à propos des objectifs en pédagogie*, 1979, p.21-27 et p.39-48. Les auteurs y dégagent les difficultés de ces objectifs, mais aussi l'intérêt d'objectifs d'"orientation" par rapport aux objectifs de "structuration" (connaissances...).

être plutôt considérée comme une compétence.
- enfin les objectifs de connaissances, d'habitude privilégiés dans l'enseignement ne sont pas négligés, mais précisément délimités.

De ce bref tour d'horizon ressort l'idée que si ce travail de caractérisation a été effectué avec des visées théoriques, il a dans les faits un caractère très pragmatique (1). C'est de ce point de vue d'abord que le tableau doit être jugé. Comment un tel instrument a-t-il été utilisé, quelle est sa valeur? Tous les expérimentateurs participant à l'élaboration étaient convaincus de la nécessité de l'éprouver et de ne pas se contenter d'un consensus momentané.

---

(1) Il se distingue donc fortement à ce point de vue du travail récent de P. Benedetto, A. Alessandri, D. Rozan *Observation des élèves dans les activités d'éducation manuelle et technique en vue de l'évaluation et de l'orientation*, où une grille d'objectifs cognitifs et psychomoteurs a été construite à partir du programme d'EMT et des taxonomies de De Block et Harrow.

3, 2

PROBLÉMATIQUE DE L'ÉVALUATION

3.2.1. SITUATION DE L'EVALUATION

L'essai du module Techniques de Fabrication ayant été arrêté (voir annexe II a, chap.3 : disparition et résurgences), se préoccuper de l'évaluation des objectifs peut apparaître comme un exercice académique. Il nous semble cependant intéressant de tirer les conclusions les plus poussées possibles de cet essai ; de toute manières, l'initiation technologique dans et hors l'école reste un problème d'éducation et de vulgarisation permanent, et d'autre part, les évaluations empiriques d'objectifs sont assez rares en comparaison du nombre élevé de publications théoriques et générales.

L'évaluation des curriculums a fait l'objet de travaux récents s'ajoutan à l'évaluation de l'acquis des élèves dans le cadre d'un curriculum (1), et s'intéresse non seulement aux résultats ("enseignement" et "apprentissage" réellement effectués) mais au dispositif lui-même ; l'évaluation de curriculum devient même maintenant "discipline scientifique" (2). Dans un autre langage, l'évaluation des processus, pendant les différentes phases de développement d'un curriculum, prend place à côté de l'évaluation des produits avec selon De Corte : l'évaluation des objectifs didactiques, des situations didactiques et de la phase d'effectuation (3).

A ce propos, la visée essentielle est de pouvoir se faire une idée de l'"adaptabilité" du curriculum dans l'hypothèse d'une généralisation (4) : adaptabilité aux élèves, aux maîtres, à l'institution. W. Harlen insiste particulièrement sur les points suivants : identification des principaux lieux du changement et acquisition d'information sur l'entraînement des maîtres au curriculum (activités, objectifs, animation de classe, évaluation des acquis)(5). Le but de ce type d'évaluation est donc double : critique et prospectif.

L'aspect prospectif est d'autant plus important pour le module que les expérimentateurs ont finalement en leurs mains non seulement sa réussite

---

(1) pour l'évaluation classique de l'"apprentissage" B.S. Bloom et al., *Handbook of Formative and Summative Evaluation of Student Learning*, 1971 et W.J. Popham *Educational Evaluation*, J.M. De Ketele *Observer pour éduquer*, 1980 ; pour l'évaluation de curriculum A. Lewy et al. *Handbook of Curriculum Evaluation*, 1977.
(2) A. Lewy, oeuvres cités, p.4.
(3) De Corte et al., *Les fondements de l'action didactique*, p.308-312.
(4) S.A. Lutterodt, The adaptation of Science Curricula - An Exploratory Analysis of Some Relevant Decisions *Eur. J. Sci. Educ.*, 1980, vol.2, n°2, p.121-138.
(5) W. Harlen, Evaluation of the Stage of Large-Scale Implementation in A. Lewy, op.cit., 1977, p.117-149.

mais son orientation. Cette situation propre à la recherche-action exige que les concepteurs puissent disposer de beaucoup plus d'informations que dans un système à imposition hiérarchique s'ils veulent garder une influence. En ce qui concerne les objectifs ils doivent connaître le degré de compréhension et d'acceptation qu'en ont les expérimentateurs, leurs préférences, leurs convergences éventuelles.

Des préoccupations analogues se retrouvent dans les travaux de Hofstein, Mandler, Ben Zvi et Samuel (1) sur les priorités des enseignants concernant les objectifs, Cambon et Lurçat (2) sur les objectifs des maîtresses de maternelles à propos de la lecture et de Bonora (3) sur les représentations des professeurs dans le domaine des objectifs de leur enseignement en biologie.

3.2.2. LES QUESTIONS DE L'EVALUATION

D'Hainaut (4) fournit l'analyse la plus détaillée des critères relatifs au choix des buts ou des objectifs. Nous retiendrons ici les aspects suivants (la cohérence avec les fins de l'éducation et le champ d'application ayant été discutés en 2,1) :

- valeur hiérarchique : l'objectif est-il nécessaire pour atteindre un autre?
- adéquation psychopédagogique : par rapport à la maturité, les acquis, les intérêts ;
- accessibilité : en temps, efforts des maîtres ;
- acceptabilité affective : par rapport aux attentes des éducateurs et des élèves, à leur participation ;
- cohérence entre les objectifs ;
- couverture de l'ensemble du champ correspondant aux buts ;
- équilibre des objectifs entre eux ;
- économie : charge, inutilité de certains objectifs ;
- explicitation et clarté.

---

(1) A. Hofstein, V. Mandler, R. Ben Zvi, D. Samuel, Teaching Objectives in Chemistry ; a Comparison of Teachers' and Student's Priorities *Eur. J. Sci. Educ.*, 1980, vol.2, n°1, p.61-66.
(2) J. Cambon, L. Lurçat, comment prépare-t-on l'acquisition de la lecture et de l'écriture à l'école maternelle, *Rev. Franç. Péd.*, n°54, 1981, p.7-23.
(3) D. Bonora, communication privée sur thèse en cours de rédaction.
(4) L. D'Hainaut, *Des fins aux objectifs de l'éducation*, 1980, p.80-94 et p.437-439.

Dans une large mesure ces questions ont déjà sous-tendu le travail d'élaboration du tableau des objectifs et les discussions de commission relatés en 3.1. Mais il importe d'y apporter des réponses plus complètes, plus proches de ce que l'essai du module peut révéler.

En effet, concernant les objectifs, Léon souligne très fortement les distorsions entre "le dire et le faire" (1). De leur côté Bourdieu et Saint Martin attirent l'attention sur le maniement très particulier des "catégories de l'entendement professoral" (2). Au-delà du consensus facile sur les finalités générales, il y a des décalages entre objectifs proclamés et moyens mis en oeuvre, entre déclarations générales et modalités pratiques.

De Corte, pour tenir compte de ces écarts, volontaires (le discours sur les objectifs peut servir à masquer la pratique) ou involontaires (il peut y avoir illusion, inadéquation ou impossibilité pour certains objectifs), distingue objectifs souhaitables / actuellement valables / poursuivis de fait (3). Dans l'enseignement de la technologie ces écarts existaient comme ailleurs : il suffit de penser au formalisme de l'apprentissage du dessin technique et de l'analyse fonctionnelle sans contenus formateurs, mais faciles à "noter".

Il en résulte que dans l'évaluation des objectifs, s'il est nécessaire de s'intéresser aux idées exprimées, il faut les confronter aux actes. Mais alors, on ne peut plus dissocier les objectifs de l'ensemble du contenu et des démarches propres au curriculum. L'évaluation des objectifs devient l'évaluation de l'ensemble du dispositif.

Notre ambition ne peut être aussi systématique. L'évaluation se limitera donc à quelques questions, centrées autour du problème des objectifs :
- quelles représentations les expérimentateurs donnent-ils du contenu du module, quelles sont les réalisations? Les réponses seront restreintes aux aspects principaux, tels qu'ils sont décrits dans l'annexe II a.
- quelles sont les positions des expérimentateurs sur les objectifs, comment leurs comportements pédagogiques se relient-ils aux objectifs "officiels", qu'est-ce que le tableau des objectifs a apporté aux maîtres?

---

(1) A. Léon, *Introduction à l'histoire des faits éducatifs*, 1980, chap.V : les objectifs de l'enseignement : le dire, le faire et l'illusion pédagogique, p.103-120.
(2) P. Bourdieu, M. De Saint Martin, les catégories de l'entendement professoral, *Actes de la Recherche en Sciences Sociales*, 1975, n°3, p.68-93.
(3) De Corte et al., *les fondements de l'action didactique*, p.309.

3.2.3. LES MOYENS DE L'EVALUATION

L'annexe IIIa donne quelques informations sur les 22 maîtres expérimentateurs en 76 : expérience professionnelle et, en particulier pour l'enseignement de la technologie, activités pédagogiques et pratiques ("bricolage"). Bien que les âges et l'expérience soient très divers, il n'apparaît pas de différence notable dans le goût pour le bricolage et l'innovation pédagogique, entre générations d'âge différent ou entre certifiés et PEGC. Mais une variable sociologique très importante pour une généralisation n'a pas pu être prise en compte : en 76 il ne restait qu'une enseignante ; on peut penser que de toute façon le module "effraie" plus les enseignantes et les enseignants habituels de technologie et de sciences physiques moins portés vers la technique pratique.

Pour tenter l'évaluation des objectifs du module dans le cadre des essais de 74-75 et 75-76, les moyens dont nous disposons sont les suivants :
- en 75 et 76 les maîtres expérimentateurs ont rempli des "journaux de bord". Ils fournissent les données de base sur le contenu réellement enseigné et les difficultés rencontrées. L'annexe III b montre, pour le même enseignant un exemple de journal de 75 et un de 76. En ce qui concerne les objectifs, nous avions demandé explicitement les indicateurs d'évaluation éventuellement utilisés en 75, d'après le tableau des objectifs de 74,et en 76 : l'objectif principal de la séance, des objectifs secondaires ayant donné lieu à interventions et observations, les contrôles collectifs éventuels. En 77 sept expétimentateurs ont envoyé de courts rapports de synthèse de 2 à 3 pages sur l'"état du module".
- en 76 un questionnaire a été envoyé aux 22 maîtres expérimentateurs en activité en vue de préparer le stage-bilan de juin. Les questions portaient sur leurs jugements et propositions à propos de la formation nécessaire à la maîtrise pratique et pédagogique du module, le contenu du module, ou plutôt la manière dont ils le présentent à différents interlocuteurs, les observations d'élèves au cours des séances, les jugements et leurs critères portés sur les élèves et les classes ayant suivi le module, leur appréciation du tableau des objectifs et leur hiérarchie personnelle pour les objectifs du tableau. L'annexe III b montre les questions et les réponses de l'enseignant dont les extraits de journaux de bord figurent précédemment.

Pour les témoignages à propos d'observations et de jugements, nous nous sommes inspirés de l'idée des "incidents critiques" en cherchant à obtenir des traces

de situation où les maîtres doivent intervenir ou apprécier de manière explicite, et ne peuvent le faire qu'en fonction de leurs buts propres, formulés ou non.

Les sources utilisées sont critiquables à plusieurs titres :

- l'observation directe lors des classes et des stages a été pratiquée par nous-mêmes mais ne sera pratiquement pas utilisée. Pour être employée systématiquement, ce qui serait nécessaire s'il fallait évaluer tout le module, il aurait fallu des observateurs extérieurs : ce n'était pas possible dans le cadre de l'essai.
- les témoignages des journaux de bord et des questionnaires sont subjectifs et risquent de donner une idée biaisée. A cette critique, nous opposerons les deux arguments suivants :

. d'abord nous voulons laisser la parole aux enseignants, qui, quoi qu'on en pense "font" le module, s'y investissent et sont les premiers intéressés.

. ensuite les témoignages recueillis ne sont qu'un moment d'objectivation des observations et des positions des maîtres, inséré dans un processus de remodelage du module dont ils sont partie prenante par leur participation aux stages et leur initiatives en classe.

Journaux de bord et questionnaire sont donc des instruments importants d'une évaluation dans le cadre d'une recherche-action qui ne s'arrête pas avec eux : c'est ce qui justifie qu'on leur accorde plus de crédit qu'à un sondage extérieur.

- mais cette même insertion dans une recherche-action suscite une dernière critique : le subjectivisme est reporté sur le chercheur, en même temps concepteur et donc intéressé au "succès" du module. Les protestations de sincérité étant inopérantes, la seule "défense" consistera pour nous à faire remarquer que le succès à long terme du module dépend des petits défauts, failles, et faiblesses qui ne peuvent que se développer lors d'une généralisation : ce qui nous intéresse, c'est de déceler le plus tôt possible les dérives et les causes d'échec, non de "valider" une innovation pédagogique.
- cependant, si nous nous attachons aux différences, la composition du groupe des expérimentateurs ne nous permet pas d'études différentielles. Nous ne chercherons pas non plus dans le dépouillement à établir des systèmes de catégories exhaustives et disjointes. Nous tenterons simplement de détecter selon des systèmes de "signes" la présence ou l'absence de comportements et d'opinions (1), sans nous préoccuper d'exhaustivité ni de disjonction pour les classes ainsi définies.

---

(1) Sur les systèmes de signes et de catégories : A. Yoloye, Observational Techniques in A. Lewy *Handbook of Curriculum Evaluation*, 1977, p.196.

3.2.4. PLAN DE L'ETUDE

Le plan suivi dans cette étude permettra de passer des positions proclamées aux données tirées des comportements et de l'essai du module.

- Dans un premier temps nous traiterons le "dire" : quelles sont les positions des expérimentateurs sur le tableau d'objectifs, comment ordonnent-ils les objectifs, comment présentent-ils le contenu du module?
- dans un second temps, nous traiterons le "faire" : quelles sont les réalisations correspondant au contenu du module, quel est leur rapport aux conceptions générales? que font les enseignants lorsqu'ils évaluent, c'est-à-dire observent, contrôlent et jugent les élèves?
- enfin dans un dernier temps, nous reviendrons aux objectifs : comment sont-ils utilisés pour orienter les actions pédagogiques, et évaluer les élèves? quelles améliorations est-il possible de leur apporter?

3, 3

ÉLÉMENTS DE RÉPONSE

3.3.1. LE DIRE

3.3.1.1. POSITIONS

A) le tableau. Nous commencerons par examiner ce que les 22 expérimentateurs disent de leur utilisation du tableau des objectifs en 76. Les questions s'appuient sur les différentes fonctions du tableau dans les phases successives de l'activité de l'enseignant (conception du contenu, préparation d'une séance, intervention en cours de séance) pour leur demander ce qu'ils ont fait, et d'autre part susciter leur avis critique sur les manques, la classification, etc. Un exemple de questions et de réponses est donné dans l'annexe III b.

Nous rassemblons dans un tableau l'ensemble des renseignements disponibles par expérimentateur pour les quatre premières questions. Comme dans le tableau de l'annexe III a, les expérimentateurs sont représentés par des lettres capitales qui resteront les mêmes dans toutes les analyses de cette troisième partie. Les réponses sont très légèrement résumées (moins de 1/2), mais "brutes".

a) étude par question.

- première question. Sur 19 réponses, 10 disent avoir utilisé le tableau d'objectifs, 9 pas du tout ou très peu. Les utilisations signalées concernent surtout la préparation des séances (A, K, L, N, O, P, Q, T), l'évaluation du travail et des élèves (E, F, G, K, N, Q, S, T). En réalité ce tableau doit être corrigé par les réponses aux questions suivantes.
- deuxième question. Sur 18 réponses, 8 pensent que leur conception du contenu a été modifiée, 6 qu'elle ne l'a pas été, 4 un peu. Les modifications évoquées sont la simplification et la clarification (C, F, G, T). L'introduction d'aspects nouveaux (O, P, S). Le problème du conflit entre orientation par les objectifs et exigences de la fabrication apparaît chez B, F, V.
- troisième question. Sur 16 réponses, 4 privilégient un objectif dans la préparation d'une séance, 4 le font occasionnellement, surtout au début du module, et 8 considèrent qu'ils ne le font pas. En réalité les réponses à cette question ont une certaine ambiguïté selon que les expérimentateurs pensent principalement à la fabrication (avec la rotation des tâches) ou non.
- quatrième question. Sur 14 réponses, 11 disent orienter le travail en classe avec le tableau. Les exemples cités montrent la volonté de développer l'auto-

TABLEAU N° 1

	utilisation du tableau? quand? but?	le tableau a-t-il modifié la conception du contenu?	objectif privilégié dans préparation d'une leçon?	orientation du travail en classe avec objectifs?
A	oui début du module organisation du travail	non	non	oui autonomie
B	très peu	non fabrication pas résolue entièrement	non à cause rotation des groupes	non
C	non	oui vers simplification	organisation de la classe, choix des fiches et travail machine selon objectifs	———
D	non	peu	non	oui compétence, autonomie, dessin, raisonnement
E	très peu après séance interprétation des contrôles	non	au début	non
F	très peu a posteriori : objectifs concernés pendant séance	non mais évolution vers simplification pour fabrication	non sauf début	oui essayer de faire chercher soi-même
G	oui rédaction du journal de bord!	oui clarification	non	oui observation des élèves
H	———	———	———	———
I	———	———	———	———
J	———	———	———	———
K	oui préparation leçon et conseil de classe (jugement élève & module)	oui	quelquefois, si activités communes : démarches et notions	oui autonomie, langue, dessin
L	oui préparation	oui activités	oui organisation pour laisser l'autonomie	utilise élève pour expliquer aux autres
M	non	———	———	———
N	oui préparation séance appréciation travail des élèves	oui	oui	———
O	oui début de module liste des leçons et temps forts	oui introduction de géométrie pour traçage	non	———
P	un peu choix de fiches à certains moments	un peu introduction de l'histoire du tour et visite CET	non en général film sur fonderie (connaissances)	oui (autonomie, socialisation curiosité, langue)
Q	oui avant et au début du module évaluation de l'avancement	pas contenu mais observation des élèves	non mais tableau en tête	oui (exemple : expérimentation)
R	oui	non	au début : précision, savoir-faire langages ensuite : socialisation, curiosité	oui pour éviter le «bricolage»
S	oui préparation à l'observation	oui ouverture des observations	oui mais l'objectif prévu change!	oui (régulation du geste, compétence, autonomie)
T	oui préparation : privilégier 1 ou 2 objectifs - suivi des élèves	non mais fixation des buts	variable selon tâche	manque de temps avec trop d'élèves
U	non «faire fabriquer et Fiches»	———	———	———
V	peu en séance	oui construction passe après acquisition de compétences et démarches	———	oui laisser les élèves se débrouiller

nomie (A, D, F, K, P, S, V) ; cette visée domine toutes les autres.
- cinquième question (objectifs manquants). Très peu de manques sont invoqués : mémorisation des connaissances (E) et "rémanence" des acquis (savoir faire, E) qui ne sont pas des objectifs en tant que tel pour le module, et manque d'indicateurs d'évaluation (O). T trouve qu'il y a plutôt trop d'objectifs et qu'il suffirait de 2 ou 3 "idées-forces".
- sixième question (classification, critiques). Peu d'observations (6) et de critiques (2) : il faudrait une hiérarchie des objectifs (O) et les indicateurs d'évaluation ne favorisent pas les contrôles collectifs.

b) étude par expérimentateur.

Si on regroupe pour chaque expérimentateur les réponses détaillées aux différentes questions, on voit que les utilisations principales des objectifs qui ont été signalées sont les suivantes :

	A	B	C	D	E	F	G	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
clarification simplification élargissement			+				+					+	+			+			
préparation organisation	+		+		+			+	+		+	+	+		+	+	+		
orientation en classe	+			+		+	+	+	+				+	+	+	+			+
évaluation (séance, élève, module)					+	+	+	+						+					

L'impression générale qui se dégage de ce questionnaire est que le tableau d'objectifs a assez peu servi à modifier la conception du module dont l'image avait été donnée au départ avec la construction d'un objet et des fiches de travail. Il faut noter en particulier que les 4 expérimentateurs parisiens, les plus proches du groupe de conception par des réunions régulières sont parmi ceux qui disent s'être le moins servi des objectifs.

Quelques expérimentateurs ont pu cependant réorienter les activités

vers une couverture plus complète de l'ensemble des objectifs et une certaine prise de distance par rapport à la "logique" de la fabrication. Ceci semble se vérifier sur deux points : . choix des activités lors de la préparation et de l'organisation des séances,

. et surtout orientation de l'activité en classe, où "avoir le tableau en tête" (Q) permet des observations et des guidages plus rigoureux. C'est dans ce cadre qu'apparaît avec une insistance notable la volonté d'assurer le développement de l'autonomie des élèves, objectif qui demande effectivement une vigilance permanente et pas seulement des dispositions générales d'organisation ou de contrôle.

B) hiérarchies. La suite du questionnaire sur les objectifs demandait aux expérimentateurs de classer les objectifs en quatre groupes, de ceux qui paraissent les plus importants à ceux qui paraissent les moins importants.

a) La technique s'inspire des "Q Sort" (1) en reprenant l'idée d'une *ordination forcée* ; mais nous sommes loin des conditions de validité de la méthode et l'utilisation est un peu différente. Ayant proposé aux expérimentateurs 20 "objectifs", nous leur demandons de les classer en 4 groupes :

I (3 objectifs) - ceux qui vous paraissent les plus importants
II (7 objectifs) - ceux qui vous paraissent assez intéressants
III (7 objectifs) - ceux qui vous paraissent moins intéressants
IV (3 objectifs) - ceux qui vous paraissent sans importance.

La répartition s'écarte d'une répartition binomiale en privilégiant un peu le nombre des extrêmes, mais telle que, elle nous a semblé permettre d'attribuer les notes 3, 2, 1 et 0 d'une échelle d'intervalles aux objectifs placés en I, II, III et IV sans que cette quantification soit trop aberrante.

Il faut noter que pour les concepteurs du module, aucune hiérarchie systématique n'avait été présentée explicitement, le souci ayant plutôt été jusqu'à la passation du questionnaire de mettre en valeur tous les objectifs possibles, de les regrouper de manière rationnelle, et d'insister sur les objectifs d'attitudes et les liens de dépendances que les compétences entretiennent vis à vis des performances, des langages, des démarches et de certaines connaissances.

Pour ce questionnaire, les objectifs étaient présentés un peu différemment du tableau donné précédemment, mais on renvoyait aux définitions de ce

---

(1) G. De Landsheere, Introduction à la recherche en éducation, 2e éd., p.76-82.

même tableau : le seul changement notable a consisté à regrouper les aspects physiques des opérations de fabrication et les propriétés mécaniques de certains matériaux. La liste des vingt grands objectifs apparaît dans le tableau des résultats ci-dessous.

Avant de passer à l'examen du tableau, on notera que deux expérimentateurs ont classé deux fois les objectifs à un mois d'intervalle. Un a redonné le même classement, l'autre a permuté quatre objectifs entre les groupes II et III. On peut considérer que l'épreuve a suffisamment de fidélité pour refléter les opinions du groupe des expérimentateurs à la fin de la deuxième année d'expérimentation. D'autre part le calcul des corrélations entre expérimentateurs montre que les classements des expérimentateurs d'un même établissement ne sont pas plus proches l'un de l'autre que pour des établissements différents.

b) tableau des résultats :

N°	OBJECTIF intitulé	score	rang	écart-type	attitudes	performances	compétence	langages	démarches	connaissances
3	autonomie	51	1	0,48	+					
4	socialisation	46	2	0,69	+					
12	analyse des fonctions	38	3	0,88					+	
1	curiosité	37	4	0,78	+					
10	représentation graphique	37	4	0,62				+		
13	analyse des opérations (fabrication)	36	6	0,66					+	
7	orientation spatiale	35	7	0,60		+				
15	déduction	35	7	0,69					+	
2	efficacité	32	9	0,95	+					
14	expérimentation	29	10	0,84					+	
17	notion de précision	29	10	0,70						+
5	régulation du geste	26	12	0,60		+				
6	perceptions	25	13	0,75		+				
8	utilisation efficace des outils	25	13	0,82			+			
9	langue commune	21	15	0,88				+		
16	documentation	18	16	0,78					+	
19	propriétés géométriques et cinématiques	16	17	0,76						+
11	relations numériques	14	18	0,65				+		
20	organisation productive industrielle	13	19	0,75						+
18	propriétés physiques et mécaniques	07	20	0,60						+

On a porté dans le tableau en face de chaque objectif (numéro dans la liste et intitulé) son score (somme des notes attribuées par les 19 expérimentateurs ayant répondu : H, I et J n'ayant rien rendu), son rang en fonction du score et l'écart-type des notes attribuées. Sur la partie droite, on a rappelé les grandes classes d'objectifs.

c) hiérarchie et dispersions.

Confirmant l'impression tirée de la première partie du questionnaire, l'objectif d'autonomie vient en tête, d'assez loin et avec une faible dispersion. On trouve ensuite l'objectif de socialisation, et au quatrième rang celui de curiosité ; l'efficacité vient plus loin (neuvième rang). Il apparaît ainsi de manière massive que les objectifs d'attitudes sont privilégiés, ce qui est conforme aux buts de l'initiation aux sciences et techniques.

On trouve ensuite l'analyse des fonctions techniques (3e) et la représentation graphique (4e) qui constituaient les deux pôles de l'ancien enseignement de technologie : persistances chez les expérimentateurs? ou possibilités nouvelles trouvées dans le module? De manière générale, les démarches spécifiques à la technologie et aux sciences, analyse des opérations de fabrication (6e), déduction en situation concrète (7e) et expérimentation (10e), viennent ainsi après les attitudes, si on excepte la documentation (16e) qui est à vrai dire plutôt une compétence.

Les performances viennent ensuite avec l'orientation dans l'expace (7e) et plus loin régulation du geste et perceptions (12e et 13e). Le score de "utilisation efficace des outils" (13e) comme celui de la documentation, montre que les compétences sont dévalorisées.

Les langages voient la représentation graphique (5e) dissociée de la langue commune (15e), ce qui paraît étonnant lorsqu'on connaît l'intérêt des enseignants pour la "précision du vocabulaire", et la disponibilité des relations numériques (18e). Enfin, à part la notion de précision (10e), les connaissances (notions et lois) sont totalement dévalorisées : propriétés géométriques et cinématiques (17e), organisation productive industrielle (19e), propriétés physiques et mécaniques (20e).

Ce classement peut être confirmé si on donne par catégorie d'objectifs (en regroupant performances et compétences) la note moyenne des objectifs du groupe pour l'ensemble des expérimentateurs:

catégorie	attitudes	performances	langages	démarches	connaissances
note	2,19	1,46	1,26	1,64	0,86
écart-type	0,36	0,44	0,39	0,34	0,34

Nous y avons ajouté l'écart-type correspondant pour donner une idée de la dispersion.

On peut interpréter une faible dispersion comme un bon indice de concordance entre expérimentateurs : exhaltation de l'autonomie et rejet des propriétés physiques et mécaniques sont dans ce cas. Par contre, on peut constater que des objectifs moins bien placés dans une catégorie valorisée ou mieux placés dans une catégorie dévalorisée ont des dispersions plus importantes (efficacité, perception, expérimentation), ce qui semble indiquer un choix concordant des objectifs fortement valorisés ou dévalorisés. Les dispersions importantes : efficacité, analyse des fonctions, expérimentation, utilisation efficace des outils, langue commune, témoignent d'hésitations importantes et demandent à être expliquées.

En ce qui concerne les catégories d'objectifs on remarque que le groupe performances - compétence a la plus forte dispersion.

d) corrélations entre objectifs.

Un moyen d'essayer de se faire une idée sur certaines raisons des dispersions observées est de prendre en compte les corrélations entre objectifs ou groupes d'objectifs à forte dispersion. Les coefficients de corrélation obtenus ne sont pas significatifs, mais permettent d'attirer l'attention et de poser des questions.

En ne retenant que les coefficients supérieurs à 0,40, on trouve :

1) expérimentation - propriétés géométriques $r = -0,65$
2) socialisation - analyse de fonctions $r = -0,62$
3) efficacité - utilisation des outils $r = -0,49$
4) langue - documentation $r = -0,48$
5) analyse de fonctions - organisation industrielle $r = -0,41$

Le troisième couple montre certainement une incompatibilité ou une ambiguïté entre deux objectifs (*efficacité* - utilisation *efficace* des outils) donnant une instabilité aux réponses. Les autres suggèrent des concurrences possibles entre attitudes et méthodes et entre méthodes et connaissances.

On peut essayer de vérifier cette hypothèse avec les corrélations obtenues à

partir des scores par expérimentateurs pour chaque catégorie. Les anticorrélations les plus importantes s'observent pour les couples :

1) attitudes - langages $r = - 0,42$
2) performances - méthodes $r = - 0,54$
3) méthodes - connaissances $r = - 0,40$

Il y aurait ainsi une opposition principale performances/méthodes et des oppositions secondaires attitudes/langages, dont le sens n'est pas très clair, et méthodes/connaissances.

e) comparaison entre expérimentateurs.

Dans l'ensemble, les expérimentateurs montrent une assez grande concordance entre eux : ceci peut être vérifié en calculant des coefficients de corrélations deux à deux : ils sont tous positifs sauf trois affectant C qui apparaît ainsi un peu marginal. Mais surtout ceci est évident lorsqu'on considère les scores des objectifs autonomie (51 sur 57) et propriétés physiques et mécaniques (07 sur 57).

Si nous cherchons cependant à mettre en évidence quelques différences, c'est pour discerner des amorces d'oppositions ou de conflits. Nous le ferons en consignant dans le tableau ci-dessous les catégories d'objectifs valorisées (↗) et dévalorisées (↘) par chacun (lorsque le score attribué diffère du score moyen de plus de l'écart-type).

Il semble bien que des oppositions déjà décelées précédemment, aient une certaine réalité au niveau des individus ; mais on remarque que si les performances ont la plus forte dispersion elles s'opposent soit aux attitudes (3 fois), soit aux langues (2 fois), soit aux méthodes (3 fois), soit aux connaissances (4 fois). Si les différences par catégories sont visibles, il apparaît difficile de déceler des tendances ou des groupes d'expérimentateurs, dont le nombre est trop restreint.

	attitudes	performances	langages	méthodes	connaissances	«bloc cognitif» langages, méthodes connaissances
A						
B		↗	↘			↘
C				↘	↗	↘
D					↘	
E						
F		↘	↘		↗	
G						
K		↘			↗	
L		↘	↗			
M	↘	↗				
N		↗		↘	↘	↘
O		↗		↘	↗	↘
P						
Q	↘	↘		↗		
R	↗				↘	↘
S	↘	↗				
T	↘	↗	↗	↗	↘	↗
U	↘	↘				
V			↘	↗		

3.3.1.2. DECLARATIONS

A) le contenu didactique.

On a vu précédemment l'ordre dans lequel les expérimentateurs classaient les objectifs en mai 76. Il en résulte une première image du module, à travers leurs positions sur les objectifs. Cette image doit être corrigée, toujours en restant dans le cadre du "dire" par les présentations qu'ils font du contenu du module à différents interlocuteurs et par les jugements qu'ils portent sur ce même contenu. Nous étudierons cette nouvelle image à travers les réponses au questionnaire de mai 76.

a) questions.

Nous nous appuyons sur les questions suivantes (voir annexe III b pour un exemple de réponses), qu'il est bon de rappeler ici :

② lorsque vous présentez le module à vos élèves au commencement du travail, de quoi leur parlez-vous principalement?

③ lorsque vous expliquez maintenant à un collègue de technologie, par exemple un enseignant de 3e, les activités du module, sur lesquelles insistez-vous particulièrement, parce qu'elles vous semblent privilégiées?

④ lorsque vous parlez du module à des collègues d'autres disciplines sur quoi insistez-vous particulièrement?

⑤ lorsque vous parlez du module avec les parents, sur quelles activités insistez-vous particulièrement?

⑥ qu'est-ce qui vous a finalement le plus intéressé dans ce module (s'il y a eu évolution en cours d'expérimentation, décrivez-la brièvement)? Y a-t-il eu un moment où vous avez eu le sentiment de "comprendre" le module?

⑦ dans le contenu du module, qu'est-ce que vous élimineriez en priorité s'il n'y avait pas assez de temps?

⑧ qu'est-ce que vous garderiez à tout prix?

Nous donnons les réponses dans deux tableaux où figure pour chaque question la lettre-code de l'expérimentateur lorsque sa réponse montre la présence d'un élément de l'arbre des réponses possibles donné dans la colonne de gauche. Cet arbre a été construit à partir de la description du module (annexe III a) et des premiers essais de dépouillement. Rappelons qu'il ne s'agit pas de classer les expérimentateurs en catégories mais de faire apparaître les éléments (signes) d'une image d'ensemble du module à travers les présentations et les jugements du contenu que les maîtres disent avoir faits ; et qu'il ne s'agit

	2) élèves	3)prof. techno	4) autres profs.	5) parents
innovation	I M	J T	G	
├ouverture sur technique	D O T V	O P	D T	B I O T
└différence avec technologie, TM ou FP	B I T	C P R		C P V
activités de classe				Q
├fabrication	A I K P	B F I S		B F P
│ ├objet (compresseur	A E G H J K M N P S T U	F		
│ ├matériel (machines)	A D M P T	B D L U	A	A F
│ ├dessins et gammes	E R S	A B E		
│ └contrôles et mesures		A B G H L		
└réflexion	C	D F G I		F P R U
└fiches		B G U		
démarches pédagogiques	Q	H	G Q R	
├approche globale		K O	J K T	J O
│ ├concrète	E	D E H N P	I N P T	I
│ └liaison théorie-pratique	C D R V	R T		D E F N P Q R
├organisation	J L M	A	Q	C
│ ├travail collectif,	A C E F H K M U	K O R S	C H K U	C K O
│ └travail indépendant	D		P	
│ ├responsabilité,contrat	B C F H K M U	F	B	
│ └autonomie	B	A C E K M	C E S K Q	E K
├motivation,ambiance	T	C Q R T	A G I L P R U V	L V
└sécurité	L M R	H	U	
objectifs	Q	C R	Q R	R
├attitudes	B D L R S U	F M O Q V	B E G	D E J K O U
├performances et compétences	B	L M U	T	T U
├langages		F G H	H	
├démarches		E F G Q	E	E
└connaissances	S	E H R T	H R	D K
évaluation : nouveaux critères		V	B H Q S	B J Q S T
└orientation		D	H	I K L

que d'indications partielles qui ne prennent leur valeur que dans leur confrontation entre elles et avec celles recueillies par ailleurs.

b) présentations.

② présentation aux élèves. Tous les expérimentateurs ont répondu. On constate que les éléments principaux de présentation se rassemblent sur les aspects d'innovation, la fabrication d'un objet précis avec des machines, la liaison réflexion-pratique, le caractère collectif du travail et la responsabilité personnelle ou collective, avec les attitudes correspondantes de "rigueur"(D), "soin" (U), "précision" (L), "respect du plan de travail" (S). Certains aspects ne sont pas mentionnés : dessins et gammes pour la fabrication, contrôles, fiches, autonomie, la plupart des objectifs et les possibilités d'évaluation.

③ présentation aux professeurs de technologie. Tous les expérimentateurs ont répondu. On voit que les éléments de présentation couvrent l'ensemble des caractéristiques du module, sauf les possibilités d'évaluation, avec une répartition très uniforme : innovation, activités, démarches, objectifs, globalement et individuellement. Il est intéressant de voir que l'image donnée ainsi du module à ceux qui pouvaient éventuellement l'enseigner est complète.

④ présentation aux autres enseignants. 18 réponses. Ici les activités ne sont pas évoqués, mais les démarches pédagogiques, la motivation des élèves, fortement valorisée, les objectifs, et les possibilités nouvelles d'évaluation. On peut penser que transparaissent à travers ces éléments les questions que se posent les professeurs d'une classe sur celle-ci et les élèves ou leurs intérêts pédagogiques.

⑤ présentation aux parents. 20 réponses. Ici de nouveau une répartition plus dispersée, avec quelques éléments notables : innovation, réflexion et couplage réflexion-travail pratique, développements des attitudes et possibilités d'évaluation. Curieusement, on note peu de choses sur le matériel et rien sur la sécurité ou l'autonomie.

D'un point de vue global, ces éléments de présentation ne contredisent pas ceux qui résultent de la hiérarchie des objectifs : par exemple priorité aux attitudes, importance des démarches technologiques et de la réflexion. Cependans on notera que les expérimentateurs sont très préoccupés de montrer à leurs collègues de technologie que le module permet d'atteindre les mêmes buts que la "technologie traditionnelle" (analyse technique, dessin, connaissances), mais de manière "naturelle", finalisée par les exigences de la fabrication, et attrayante.

c) jugements

Nous donnons de la même façon les éléments de jugements sur le module

éléments de réponse	⑥ intéressant	⑦ à diminuer	⑧ à garder
innovation	I		
├ouverture sur technique	D P		
└différence avec TM,F.P., technologie			
activités de classe		D	I N Q
├fabrication	U	K N R S T	A B D E G H K M Q
│ ├objet		C E G I J	
│ ├matériel	J		C L O S U V
│ ├dessins et gammes			B H
│ └contrôles et mesures			
└réflexion			F H
fiches	H U	B H K L M O Q U V	C E K Q S U
démarches pédagogiques	I S		
├approche globale	K		
│ ├concrète	G Q R		T
│ └liaison théorie-pratique	R		
├organisation			
│ ├travail collectif	K R		
│ └travail indépendant	C D		
│ ├responsabilité	R		
│ └autonomie	A H K O T		
├motivation, ambiance	B C F J L P Q T V		
└sécurité			
objectifs	I R		
├attitudes	E G K O		
├performances et compétences			
├langages			
├démarches			
└connaissances		A	
évaluation	C E T		
└orientation			

⑥ ce qui paraît le plus intéressant. 21 réponses. Il apparaît que, au bout de deux années d'expérimentation les aspects les plus intéressants ne sont plus dans la fabrication mais dans les démarches pédagogiques (approche globale, autonomie), l'ambiance de classe avec en particulier les nouveaux rapports maîtres-élèves (C, J, L, P), et le développement d'attitudes (autonomie surtout).

⑦ éliminations éventuelles. 22 réponses. Aucun ne veut vraiment éliminer d'aspects du module, ayant conscience qu'il "est un tout" (D). Les propositions

visent à diminuer les temps de fabrication soit en trouvant un objet plus simple (C E G I J), soit en diminuant le nombre de pièces à faire par élèves ou en préparant leur travail (prémontage, série). Aucun ne propose de fabriquer sans terminer le montage d'un objet. En ce qui concerne les fiches, les propositions visent à leur simplification ou à l'abandon de quelques-unes moins liées à la fabrication.

⑧ aspects à garder. 22 réponses. Les propositions confirment les précédentes, avec l'organisation du module autour de la fabrication complète d'un objet au moyen de machines-outils. On peut noter, malgré les critiques de certains aux fiches (K, Q, U), qu'elles apparaissent comme un support indispensable de réflexion.

Dans la mesure où les réponses à ces trois questions constituent un résumé des conceptions des expérimentateurs à cette époque, on peut considérer qu'elles adhèrent aux intentions des concepteurs. Nous apporterons dans la suite quelques données complémentaires sur d'autres aspects mettant en cause le contenu du module.

B) compléments.

a) jugements sur les classes

Nous donnons une analyse des réponses aux trois questions suivantes :

① qu'attendez-vous d'une "bonne classe" en Techniques de fabrication?

② à quoi vous attendez-vous avec une "mauvaise classe" en Techniques de fabrication?

③ voyez-vous des différences de comportement notables entre des classes de type I et des classes de type II qui font le module?

La troisième question apporte peu de renseignement sinon une meilleure réussite des 4e types I pour le travail sur fiches, ce qui correspond au mode de sélection scolaire.

Des première et deuxième questions (21 et 19 réponses) ressort l'image d'une "bonne classe" : avancement de la fabrication, autonomie et entr-aide, intérêt et efficacité, alors que dans une "mauvaise" classe on a : lenteur, rebuts, désintérêt, appels au secours et difficultés de travail en groupe. Le tableau n'offre pas d'imprévu, mais il renforce le constat que le module consiste à réaliser efficacement de manière autonome et en coopération ; on remarque ici cependant qu'autonomie et coopération, objectifs privilégiés, sont aussi des nécessités "vitales" pour l'enseignant qui veut achever la fabrication ; il en ressort une impression de cohérence entre objectifs et démarches pédagogiques.

	① bonne classe	② mauvaise classe	③ différences I>II	II>I
résultats			B K	C R
├fabrication	A D I K T	E T U		H P
├fiches	A P	I U	A C H P U	
└casse, rebuts		C E M R T		
ambiance et attitudes				
├autonomie	A D E H O P U	G N	H	
├coopération	E J P Q U V	F I N P Q R	Q	
├motivation	C F I L M N R T V	A D F G H L V	L	G N
├efficacité	C E F G L M R S U	D F K L M P Q R	C L	
├réflexion	E U	D O T	K	
└calme	C G	C P	E	

b) souhaits pour la formation des maîtres

Il est intéressant de confronter à l'image du module qui se constitue ainsi d'après le "dire" des expérimentateurs, leurs jugements sur la formation reçue et leurs souhaits. Nous disposons pour cela des réponses au questionnaire de mai 76 (annexe III b, partie FORMATION des MAITRES).

Les expérimentateurs exprimant leur accord avec le contenu des stages (12 sur 22, 4 les trouvant trop rapides) et avec la période inter-stages où ils ont dû fabriquer eux même l'objet (13 sur 22 d'accord, 5 l'ayant trouvé difficile), nous utiliserons les questions suivantes : aides dont ils ressentent le besoin (question ④) et éléments principaux de formation (⑤), forme des activités de formation (⑦).

④ Les principales aides souhaitées concernent :

. la possibilité de visites et de rencontre avec des CET ou lycées techniques .... 7 mentions

. les connaissances technologiques ..... 6 mentions

. la conduite de la classe ..... 6 mentions

. le maniement du matériel ..... 4 mentions

. les objectifs et contrôles ..... 3 mentions

Il s'agit des aspects passés au second plan dans les stages de formation (voir annexe IIa pour le contenu de ces stages).

⑤ ⑦ Les principaux éléments de formation nécessaires à un maître non technicien et la forme des activités sont classés ainsi par les expérimentateurs (nous donnons les 3 premiers dans chaque cas)

	1er rang	2e rang	3e rang
manipulation du matériel	13	7	-
définition des objectifs	7	6	4
mise au point de leçons	-	4	4
travaux pratiques	18	4	-
discussions	2	11	8
préparation de leçons	1	4	11

On constate ainsi que pour les expérimentateurs, le préalable au module est la maîtrise de la fabrication avec le matériel. Mais il est intéressant de constater l'écart avec la pédagogie traditionnelle : la définition des objectifs, et donc des activités de discussions, passe avant la mise au point de leçons modèles. Les souhaits pour la formation sont aussi cohérents avec les conceptions du module.

c) autres éléments

- En juin 77, sept anciens expérimentateurs ont envoyé au Groupe de Travail une synthèse de leur appréciation du module. Six d'entre eux disent à cette date ce qui leur semblait le plus intéressant. Nous donnons leurs opinions dans l'annexe IIIc. Elles ne permettent pas de déceler d'évolution notable par rapport à 76.
- Pour déceler des évolutions possibles, nous avons demandé dans le questionnaire : "lorsque vous avez choisi d'expérimenter le module, qu'est-ce qui vous intéressait particulièrement de faire?"

A part deux expérimentateurs qui invoquent une demande extérieure (des coordinateurs), les réponses invoquent :

- un intérêt personnel (besoin de formation : D,P,V, envie de fabriquer : D,M,O)
- un intérêt pédagogique de changement en général (B,F,J,L,M,Q,V) ou de changement pour en finir avec ce qui se faisait (D,P,V), motiver (I,R,S), faire fabriquer (A,D,E,F,I), faire réfléchir (C,E,F,S), ouvrir au monde technique (O,T), développer des attitudes (C,H) et surtout introduire une nouvelle pédagogie (A,C,E,F,G,H,L,N,R,S,T).

On peut penser que les expérimentateurs constituent un ensemble d'enseignants

déçus par la technologie et particulièrement intéressés par les questions pédagogiques. Ils sont peu représentatifs des enseignants de technologie (voir annexe IIIa), sûrement moins réceptifs à un tel module, et dont il serait utile de connaître l'opinion.

- Il est intéressant de ce point de vue de prendre connaissance des déclarations de trois enseignants qui ont suivi les stages de formation mais abandonné avant l'essai :

. Mme X : problèmes d'équipement (salle, électricité), effectifs trop lourds

. M. Y : manque de compétence (vocabulaire, machine), module trop long obligeant à sacrifier le reste, trop cher, pour un intérêt des élèves pas évident.

. Mme Z : "de toutes les expériences tentées, c'était sans doute celle qui valorisait le plus chaque élève ... pour moi enseignante je pouvais y enrichir ma pédagogie".
mais : incompétence, "j'avais l'impression de me trouver face à un Kit (compresseur + matériel), pas possible de généraliser (module marginal, le plus différent de l'enseignement traditionnel)".

Ces trois avis montrent très bien les réticences que soulève un tel enseignement face à la nécessité de maîtriser la fabrication ou la volonté d'ouvrir sur le monde technique, même lorsque l'intérêt pédagogique a pu en être décelé dès le départ. C'est de cela qu'il faudrait tenir compte d'abord dans une généralisation.

Cette barrière franchie, le groupe des expérimentateurs a montré au niveau du "dire" une bonne cohérence interne et une bonne adhésion aux conceptions du module. Il importe de voir ce qu'il en est au niveau du "faire".

3.3.2. LE FAIRE

3.3.2.1. REALISATIONS

L'ensemble des témoignages utilisés précédemment converge vers une image du module assez proche de celle des concepteurs. Mais ces témoignages, malgré leurs recoupements, appartiennent tous à un domaine où leur émission peut correspondre au désir des expérimentateurs de manifester un "conformisme du module". Nous allons maintenant utiliser des témoignages dont l'objectivité nous paraît plus probante, car liés de plus près aux résultats concrets et aux évènements quotidiens de la fabrication, ou à des décisions dont les effets engagent les enseignants en laissant des traces.

A) le "contrat".

Une des caractéristiques fondamentales du module est de faire construire un compresseur (∿ 1,5 bar) à partir de dessins et gammes de fabrications par un groupe de 6 élèves environ. Il ne s'agit pas d'un objectif pédagogique, mais d'un critère de réussite collective du module, d'un "contrat" passé avec le groupe. On peut inclure dans le contrat l'organisation et le planning de travail (affectation des pièces et des postes, magasin, etc...). Il est essentiel de voir quel est le degré de réalisation du contrat. Nous utiliserons pour cela le récapitulatif établi lors du stage d'Orléans (1975) avec les 24 expérimentateurs de l'époque (20 des 22 qui ont continué en 75-76 et 4 qui ont dû arrêter pour mutation ou maladie). Le récapitulatif est donné en entier dans l'annexe IIIc.

A la date du stage on avait :

nombre de classes ou 1/2 classes	nombre de compresseurs			classes ayant échoué dans la réalisation
	mis en chantier	réalisés	essayés	
45	77	45	17	1

Il avait été demandé aux expérimentateurs de mettre en chantier au moins 2 compresseurs par classe et d'en terminer au moins 1. Il faut noter qu'il restait encore une ou deux séances pour terminer montages, essais et réglages. On peut donc dire qu'en moyenne pour ce premier essai, le contrat a été res-

pecté au niveau des classes, en ce sens que les élèves ont pu participer au montage d'un compresseur, mais pas forcément au niveau de chaque groupe de fabrication, en ce sens que tous les groupes n'ont pas réussi à monter *leur* compresseur.

Au stage, une estimation large des expérimentateurs donnait environ 140 heures de travail d'élèves pour un compresseur, soit 12 séances de 2 heures pour un groupe de 6 élèves, en tenant compte des pièces rebutées. Mais lors du stage de mai 76, les expérimentateurs estimaient à 60 heures de travail d'élèves le temps réellement nécessaire compte tenu d'une meilleure préparation, d'une meilleure organisation, et d'une plus grande vigilance. Dans ces conditions, après un rodage d'un an, le module apparaissait comme tout à fait viable (deux semestres) pour sa partie "contrat de fabrication", laissant le temps nécessaire à la réflexion technologique sur fiches.

Les sept rapports de synthèse (annexe IIIc) confirment ces données (1 seul n'a pu faire les essais), mais insistent sur les difficultés dues au manque de robustesse du matériel.

B) les activités

Après avoir vérifié que,le "contrat" pouvant être honoré, la condition de viabilité du module était satisfaite, il importe maintenant de s'assurer qu'il en est de même au niveau de la démarche pédagogique. Pour cela, nous utiliserons d'abord les témoignages apportés par les journaux de bord des expérimentateurs de 74-75 et 75-76 (voir exemple dans annexe IIIb) et les rapports de synthèse 77 (annexe IIIc). Ils devraient nous donner une vue plus précise de la "vie" du module, des activités réellement engagées dans chaque séance.

Il n'est pas question de reprendre chacune des 12 à 15 séances. Nous nous limiterons : . aux quatre séances initiales, qui permettent de voir dans quelle direction s'engage le module, en particulier si la démarche est globale avec des amorces d'analyse comme le souhaitaient les concepteurs (annexe IIa), ou synthétique, avec des apprentissages préalables de la lecture des dessins, du traçage ou des exercices sur machine ;

. à deux séances intermédiaires permettant d'observer les activités de routine, et en particulier le rapport fabrication-réflexion technologique ;

. aux séances finales, avec le montage, les essais et les ouvertures proposées lors du stage de juin 75 vers l'étude de l'objet produit, des machines-outils, ou de la production industrielle (annexe IIIa).

a) séances initiales

Dans le cas des séances initiales, nous ferons cette étude en comparant les données de 74-75 et 75-76. Comme il manque des Journaux de bord (la charge d'écriture de ces comptes rendus hebdomadaires étant lourde), nous ne garderons que les expérimentateurs qui en ont envoyés pour les deux essais. Pour le dépouillement, nous utilisons les propositions d'activités faites lors des stages et données dans l'annexe IIIa (chapitre 7 : l'organisation des premières séances). Chaque fois qu'un expérimentateur signale une activité, sa lettre figure dans le tableau.

Sur les deux années, on peut contater que tous les enfants passent sur les machines avant la quatrième séance. Deux tendances cependant s'observent : certains préfèrent que tous fassent les mêmes opérations (tournage, ou perçage), au besoin avec démonstration et préparation de l'enseignant (typiquement : V), d'autres lancent presque immédiatement dans la fabrication selon l'organisation de routine, avec des travaux différents (typiquement : P).

D'une année à l'autre, on constate des évolutions ; en 76 :

- la répartition du travail est faite moins rapidement ;
- les démonstrations et usinages collectifs sont plus nombreux et durent plus longtemps ;
- l'étude des dessins et des gammes est plus systématique ;
- les fiches sur les machines commencent plus tard ;
- les fiches sur l'usage des instruments de mesure, les déplacements par tambours, et de construction géométrique sont introduites.

Ces évolutions sont la conséquence des difficultés signalées en 75 et tendent à les prévenir. Mais si ces activités en arrivaient à être faites avant le passage sur machine (ainsi E dans son rapport de synthèse de 77 fait 4 séances préalables de dessin et 4 d'"initiation" - voir annexe IIIc), c'est la démarche pédagogique du module qui serait remise en cause. En 76, on peut considérer que les fiches "mesurage" tendent à être faites un peu avant et les fiches "traçage" et "connaissance de la machine" en même temps qu'apparaissent les besoins dûs à la fabrication des pièces.

b) séances intermédiaires

L'apport des journaux de bord sur les séances intermédiaires est faible, mais conforme aux visites de classes. Suivant les enseignants, les groupes fonctionnent immédiatement de manière autonome, ou passent un temps plus ou moins

ACTIVITES DES SEANCES INITIALES	74 - 75			75 - 76		
	1ère	2e	3e - 4e	1ère	2e	3e - 4e
sensibilisation						
├enquête sur compresseur ou fiche F12		Q R	K R	D E K P S T U	D T V	
└monde technique (machines,travail)			F			
principe de fonctionnement du compresseur						
└maquette, fiche F13	G K R V			E F G U V	D U V	E R
présentation du "contrat"						
├présentation de la fabrication	D G R V			D K		
├répartition des pièces	F K P Q R S U	E P V	D	F P R S T	D E F K V	
├notions sur la sécurité	K		P	F R	D	
└notion sur la précision		K	P			F
premières manipulations sur machines						
├démonstration, usinage collectif	E S	D F G K Q R U V	D Q R	K Q R S T V	F K P Q R T U V	D G P R V
└mouvements, copeaux gratuits	D	U		D		U
connaissance du tour et des machines						
└fiches F10..., 15, 16	F K	F K	D E G K Q U V			E F G U
mesurages, déplacements machine						
├réglet, calibre à coulisse F5 6 7	U	V	P		E G P	D F G R S T
└tambours graduées			K		K U	G P U
traçages et constructions géométriques						
└fiches F 1 2	Q	R			P R S T V	F R S
lectures de dessins et gammes						
├repérage du dessin d'ensemble	G R U V		D	G	G	E
├comparaison dessin-pièce	E	U	D	P Q R	S T	D E
└étude des phases et opérations	E		D	P	K S T	D E
fabrication de pièces						
├sans précision	F P T	E F P S T	F K P Q R S T		F P R	E K Q
├traçage	Q	G Q	D E G K U V		E S	F P S T
└usinage		R	E G U V		S	D F P R S T
fiches non spécifiées	F	E S	K Q R S V			D K P Q R

long à faire le point ou étudier collectivement une fiche ou une nouvelle manière d'utiliser la machine (jusqu'à la moitié du temps). Les fiches préparatoires sont terminées, les fiches d'ouverture sur le monde technique pas

séances intermédiaires	74-75	75-76
activités collectives		
├ "conférence" pour faire le point	J L	L S
├ commentaires sur fiches	U	U
├ démonstration à la machine	K L R	K P R U V
└ autres		P (visite CET)
activités autonomes		
├ fabrication	J K L P R S U V	J K L P R S U V
├ fiches ┬ traçage, mesurage		K
│ ├ machines	K L R U	J K P U
│ ├ compresseur	J	K
│ └ production		
└ dessin	U V	

encore abordées et tout tourne autour de l'alternance fabrication-réflexion sur la fabrication. Mais le couplage réel fabrication-réflexion est difficile à cause du manque de machines, du peu de motivation pour les fiches, et de l'occupation de l'enseignant à la surveillance des machines. Des "conférences" jouent un rôle important en maintenant le but et le "contrat" présents à l'esprit ; une réorganisation (réduction du nombre de compresseurs mis en chantier) intervient vers la 10e séance (M,P).

c) séances finales

Les journaux de bord dont nous disposons ne permettent pas de faire le point sur les dernières séances, après le montage du compresseur. Nous nous reporterons aux synthèses de 77 (annexe IIIc). Sur les 7 rapports, 1 signale qu'il n'a pas pu faire les essais (E). Les prolongements concernent la production industrielle (avec les fiches, F), d'autres techniques (emboutissage, brasage, Q), une visite en lycée technique suivie de discussion sur le travail, la sécurité (L), une étude des performances du compresseur et de l'histoire du tour (P).

On peut dire ici que si la fabrication est réussie, et le "contrat" respecté, et que si, malgré les difficultés avec les fiches, il y a réflexion technologique et donc formation, l'ouverture au monde technique dans tous ses aspects n'a pas été réalisée autant que les concepteurs - et les expérimentateurs - le souhaitaient.

C) difficultés

La brève analyse des données sur les activités de classe a permis de déceler où se situaient dans la réalisation concrète du module les limites et dérives les plus graves : retour à une démarche pédagogique synthétique avec préparation préalable et "hors contrat" au dessin et aux mesurages, manque d'ouverture au monde technique dans toutes ses dimensions (machinisme, produits, travail) hors des activités du module (fabrication et fiches "machines" directement liées à celles-ci dépendent du "contrat"). Quelles difficultés les expérimentateurs invoquent-ils, qui pourraient expliquer ces tendances, et dont on peut légitimement penser qu'elles s'accroîtraient beaucoup plus encore dans une généralisation avec les enseignants habituels de technologie?

La première question du questionnaire ("quelles sont les principales difficultés que vous avez rencontrées dans ce module"), dans la partie sur la formation des maîtres, permet de se faire une première idée d'ensemble à partir des 22 réponses obtenues.

difficultés			expérimentateurs
difficultés avant l'essai en classe			
techniques	manque de connaissances		D F H I S
	manque de savoir faire (matériel)		K T U
pédagogiques	-(contenu et objectifs)		G U
difficultés pendant l'essai en classe			
organisation	nombre d'élèves trop grand		B G R S
	répartition du travail		D L Q R T V
	préparation de la fabrication		K
	liaison fabrication-fiches		H N P T V
pédagogie	dilemme autonomie/résultats		A C G
	que faut-il préparer?		K P Q
	animation du groupe		J
aide à l'apprentissage, rectifications			
	initiation	machines	B M U
		dessins, gammes	N
		mesurages	L M
		vocabulaire	B
	motivation aux fiches		C D H N P T
	contrôle	précision, sécurité	J U
		objectifs	J M O P U
matériel	limites de capacités		E M O
	insuffisance en nombre		B
	fragilité		A
contraintes	rédaction journal de bord		I
	manque de soutien des autorités		I

Il ressort du tableau que les conditions de succès du module sont :
- une forte préparation technique, théorique et pratique, des maîtres, conforme à leurs souhaits de formation analysés précédemment ;
- une réduction du nombre d'élèves par classe ou demi-classe. Cela faciliterait la répartition du travail et la liaison fabrication-machine en augmentant la proportion de machines utilisables par groupe d'élèves, l'aide à l'apprentissage et le contrôle des élèves en soulageant le maître d'appels à l'aide constants ;
- une simplification de l'objet à fabriquer et des fiches, pour réduire les temps de travail et peut-être, avec l'amélioration de la liaison fabrication-fiches, augmenter la motivation ;
- une préparation plus importante des maîtres sur la pédagogie (démarches, objectifs) et les moyens de la faire passer dans les faits (étude des obstacles auxquels se heurtent les élèves, dispositions d'organisation et leur évolution avec l'avancement des travaux, propositions de contrôle).

A titre d'illustration des difficultés qui sont à la base des limites et dérives dans l'essai du module voici quelques réponses complètes.

G - (difficultés à) "comprendre le contenu,
- s'habituer à la non directivité, laisser aux élèves toute l'autonomie"

M (les difficultés) "concernent :
- l'apprentissage de la lecture du pied à coulisse et l'acquisition de la notion de millimètre,
- les mises en position relative "pièce-outil" souvent délicates à cause notamment des possibilités restreintes de la machine,
- le positionnement correct de l'outil de tour,
- l'obtention de traçages précis sur altuglas et surtout sur aluminium,
- l'évaluation des acquisitions, des progrès réalisés par chacun".

P (difficulté à) - assurer une bonne liaison dans le temps entre le travail sur fiches et sur machines,
- maîtriser les machines au cours de la première année,
- faire la part de ce qui doit être "fourni" aux élèves et de ce qu'ils peuvent trouver,
- trouver des contrôles collectifs pour voir si certains objectifs sont atteints".

U "- manipulation du matériel : j'ai été beaucoup plus à l'aise cette 2ème année, ce qui m'a permis de mieux observer les élèves,

- définition des objectifs : c'est une notion que je n'ai pas encore complètement assimilée... j'en suis encore au "que faut-il leur apprendre?"."

Les synthèses de 77 (annexe IIIc) ne font pas apparaître, avec le recul, d'élément vraiment nouveau. La motivation pour la fabrication dont on peut penser, avec l'éloignement de la nouveauté pour les élèves, qu'elle diminuera, semble subsister. Mais cette nouvelle année d'essai fait passer au premier plan les difficultés dues aux défaillances des machines, signalées par E, F, L, R et S. Les remèdes à cela, dont la nécessité apparaît comme *absolue* sont de deux ordres : conception et production de machines plus robustes et de capacités légèrement supérieures (un projet dans ce sens avait été fait à cette époque par M. PEZET), et organisation de la maintenance (approvisionnement et réparation). Ici, ce n'est plus seulement la démarche pédagogique qui est en cause, mais la réalisation du "contrat" lui-même.

3.3.2.2. EVALUATIONS

L'analyse des difficultés des expérimentateurs a montré que les problèmes d'évaluation - contrôle, observation et jugement - leur étaient apparus importants et difficiles. Pour les concepteurs du module, cette composante du "faire" était aussi fondamentale, et c'est la raison d'être de la colonne "indicateurs" du tableau des objectifs et de la suggestion d'"entrer dans les objectifs par les indicateurs". Il était évident en effet que le "contrat" et le contrôle de sa réalisation ne pouvaient suffire à orienter et réguler les interventions pédagogiques conformément aux intentions du module. En même temps, on a pu remarquer dans les difficultés signalées le dilemme "laisser travailler en autonomie - obtenir des résultats".

Il apparaît donc nécessaire de compléter l'étude des réalisations par celles des critères des évaluations mises en oeuvre.

A) contrôles. Nous commencerons par les contrôles collectifs qui sont d'autant plus importants qu'ils intéressent toute la classe de manière explicite, et donnent par là aux élèves une image du module qui peut orienter leurs efforts de manière très profonde.

Dans les journaux de bord de 75-76, on demandait de relater les contrôles collectifs effectués. 13 expérimentateurs seulement ont répondu (A E F G K L O P R S T U V).

Les contrôles mentionnés par le plus grand nombre d'expérimentateurs

concernent :

- les mesures au calibre à coulisse, les prises de cotes, les verniers machine (E F L R S T U V) ;
- les lectures de dessins (cotes) et de gammes de fabrication (A E P S T V) ;
- le montage de la machine et la position des outils (L P S), le montage des pièces de l'objet (L R S T) et l'usinage (K L R) ;
- les fiches sur le fonctionnement du compresseur (E G K R S T U).

Mais les discussions de stages ont montré que certains contrôlaient systématiquement les fiches (C D F par exemple), sans le mentionner dans le journal de bord. Le doute sur l'objectivité de cette liste est donc important. On peut néanmoins en retenir, car cela converge avec d'autres données (difficultés, évolutions des réalisations, déclarations en stage) que les mesurages au calibre à coulisse, dont on a vu qu'ils tendaient à faire l'objet d'une initiation préalable, donnent lieu à des contrôles systématiques. Ils sont souvent combinés avec des lectures de cotes sur dessins et d'opérations sur les gammes qui se poursuivent pendant tout le module (L S T V). La fiche sur le fonctionnement du compresseur, souvent couplée à l'étude du dessin d'ensemble et de dessins de pièces, fait l'objet d'une correction très générale et vient souvent très tôt : c'est la première analyse de l'objet, et le premier contact avec la schématisation.

Les autres mentions concernent l'orientation spatiale (O), le vocabulaire (O), les reconnaissances d'outils (L), les listes établies pour le magasin (P), la notion de tolérance (K), des comptes rendus d'enquête (P U) et les fiches sur la construction (S T), les mesurages (S), les montages de machines (K S U).

B) observations. Dans la réalité, les expérimentateurs ont surtout observé les élèves. Pour avoir une idée des critères principaux d'observation, six questions ont été posées dans le questionnaire de mai 76. A priori les témoignages ainsi obtenus se rapportent plus au "dire" qu'au "faire". Mais nous avons pris la précaution de demander de personnaliser les réponses et de donner le prénom de l'élève observé. Le nombre de prénoms donnés varie de 19 sur 21 réponses à la première question à 10 sur 18 à la quatrième. Nous considérerons que les témoignages reflètent des observations effectives. Une remarque s'impose cependant : les prénoms indiquent une proportion anormale de garçons observés (plus de 2/3) alors que les classes étaient équilibrées!

Les questions étaient les suivantes (un exemple de réponse est

donné dans l'annexe IIIb) :

Dans les dernières semaines, vous avez certainement été amenés à observer le comportement des élèves (en répondant à toutes ces questions, essayez de penser vraiment à un de vos élèves - *donnez son prénom* à la suite de votre réponse).

① pensez au meilleur d'entre eux et à la dernière occasion où vous l'avez observé parce qu'il montrait quelque chose de remarquable. Qu'a-t-il fait exactement?

② pensez maintenant au moins bon de vos élèves (selon votre jugement). Vous l'avez observé faire quelque chose qui vous semblait très mauvais. Qu'a-t-il fait exactement?

③ récemment, vous avez aidé un élève en classe parce que vous sentiez qu'il allait faire un progrès décisif si vous lui apportiez votre concours. Qu'a-t-il été capable de faire exactement à ce moment?

④ dans les mêmes conditions, vous être intervenu parce qu'un élève allait commettre une faute grave. Qu'allait-il faire exactement?

⑤ parmi vos élèves, il est probable que, dernièrement, l'un d'eux a réalisé quelque chose que vous considérez comme très bon, même si cet élève n'est pas considéré en général comme excellent. Qu'a-t-il fait exactement?

⑥ de même, l'un a dû faire une grave erreur, même s'il n'est pas jugé mauvais d'habitude. Qu'a-t-il fait exactement?

a) Nous analyserons d'abord les occasions d'observation, suivant les systèmes de signes déjà employés.

Ce qui ressort d'abord du tableau, c'est que toutes les observations marquantes d'élèves se rapportent à la fabrication, et dans la fabrication l'immense majorité concerne l'usinage à la machine. Pour des raisons de "contrat" et aussi de sécurité (il est à noter en ce sens que les fautes "graves" en lecture ne sont mentionnées qu'une fois), la surveillance de l'usinage paraît accaparer le professeur.

De manière plus fine, on voit apparaître dans le tableau des exigences différentes pour les résultats et progrès des bons et mauvais élèves :

- des bons élèves, on attend de bons résultats de l'usinage, particulièrement du perçage et du fraisage, les opérations étant réussies de bout en bout ① ;
- au contraire, des mauvais élèves, on attend des échecs en tournage, qui apparaît ainsi comme moins difficile que le fraisage et le perçage, et dans des activités préalables, traçage et mise en position sur la machine ② ;

occasion	① bonne chose de bon élève	② mauvaise chose de mauvais élève	③ progrès à partir d'une aide	④ rectification de faute grave	⑤ bonne chose d'élève médiocre	⑥ mauvaise chose de bon élève
lecture dessins et gammes	N	S T	S	P		
traçage		B I J V	F		J P	K
découpe, sciage, pliage				S	C	B
usinage	B L R S U V	B F H N U	R V	R V	B K N R T	A
├ utilisation des outils	S	G K O R	K	E G H		
├ mise en position, réglage	M T		B G E H L	A I K P R		G H L R S U
├ tournage, alésage	Q	D Q R	P	A B F G L P Q T	D E G	D E L T
├ perçage	F G K M	J K L	G T	C E H M U	H M	F G P
└ fraisage	C D E H J P	A E	C E H J K	I K	F S	R S
taraudage, filetage		P			C	
montage			U		I L	
mesurage et contrôle	T				I	A I U V
documentation	I					
travail sur fiche						

- la question ③ confirme que les attentes "gratifiantes" concernent le fraisage et les mises en position ;
- cette même hiérarchie rend compte des données de ⑤ et surtout de ⑥ où la "chute" des bons élèves se fait en tournage, sur les mises en position et les contrôles.

Cette hiérarchie dans les attentes correspond à l'ordre d'introduction des difficultés tel qu'on peut le tirer des journaux de bord, en particulier de l'analyse des premières séances qui comportent mesurage, traçage, tournage et perçage, mais pratiquement jamais de fraisage. Elle correspond aussi à l'analyse des difficultés telle qu'elle avait été discutée avec les expérimentateurs et mise à la base des propositions de répartition des pièces et de planning.

b) Analysons maintenant les "symptômes" observés, question par question.

① bonne chose de bon élève. 21 réponses. Trois grands symptomes sont donnés :

réalisation complète sans aide	E U V
découverte autonome d'une méthode	B C D F G I K L M N S T
aide aux autres	B H J L

Les critères privilégiés sont donc l'autonomie, l'efficacité et la coopération

② mauvaise chose de mauvais élèves. 17 réponses. On retrouve ici d'une part le manque d'autonomie, et d'efficacité, avec les erreurs les plus communément observées.

ne travaille pas sans aide		F H N U
persistance des erreurs signalées		B P
inobservance	de la sécurité	H
	des contrôles	B L O
erreurs	lecture dessin et gamme	E S T V
	traçage	I
	d'outil	A D G K O R
	de mise en position	R
	de manipulation	J L P Q

③ progrès à partir d'une aide. 16 réponses. On voit qu'ici les interventions ont pour résultat principal de débloquer et de permettre la réussite autonome. Par contre, aucune transmission aux autres n'est signalée, contrairement aux symptômes de ①

demande pour continuer seul	E K P
réussite autonome après correction	C L R U V
découverte méthode ou explication	B F H J S T

④ rectification de faute grave. 18 réponses. On retrouve ici les "erreurs" de ②, mais plus liées à la sécurité, d'où l'importance des mauvaises mises en position.

inobservance de la sécurité		F L R
erreurs	lecture dessin, gamme	P
	traçage	
	d'outil	E H S T V
	de mise en position	A C F H I K M P Q R
	de manipulation	B G U

⑤ bonne chose d'élève médiocre. 17 réponses. Les réponses se rapprochent de ① et ③, mais le niveau d'exigence est beaucoup plus faible, déportant l'observation vers des attitudes de niveau moins élevé et des objectifs plus restreints.

réalisation complète sans aide		T
réussite de	traçages	J
	usinages	B D G I K R S
victoire sur peur et échec		H N
pas de casse		C
découverte autonome d'une méthode		L M P
réflexion et compréhension		E F
aide aux autres		I

⑥ mauvaise chose de bon élève. 16 réponses. On retrouve les erreurs de (2), quelquefois rapportées à l'"inattention", donc avec une connotation de moindre gravité.

persistance des erreurs	P
erreurs — lecture dessin,gamme	B T
— traçage	K
— d'outil	
— de mise en position	G H L P R S U
— de manipulation	D E F
— de contrôle	A I V

Si l'on cherche à résumer les critères qui sous-tendent l'observation des élèves on peut donc dire qu'il se rattachent tous à la réalisation du contrat de fabrication (efficacité), mais de manière autonome. Du point de vue des attitudes les exigences de socialisation sont plus faibles et de curiosité inexistantes. Il y a donc une bonne cohérence avec les conclusions tirées des réalisations.

C) jugements. On peut se demander si les critères qui président aux observations marquantes se retrouvent dans les jugements que les maîtres portent sur les élèves dans les conseils de classe de fin d'année. Nous étudierons pour cela les réponses aux cinq questions suivantes du questionnaire (un exemple de réponse est donné dans l'annexe IIIb) :

① lors du dernier conseil de classe de l'année, vous aurez certainement l'occasion de montrer qu'un élève a été très bon en Techniques de fabrication. Sur quelles observations de son comportement vous appuierez-vous?

② inversement, si vous voulez montrer qu'un élève a été très mauvais en Techniques de fabrication, sur quels comportements vous appuierez-vous?

③ toujours lors de ce conseil de classe, si vous avez à "défendre" un élève jugé médiocre dans les autres matières, sur quels points forts de son comportement observé allez-vous vous appuyer?

④ si vous voulez, lors de ce conseil, faire remarquer qu'un élève bien jugé par ailleurs révèle des faiblesses en Techniques de fabrication, lesquelles mettrez-vous en évidence?

⑤ enfin, si vous voulez faire remarquer qu'un élève médiocre révèle de nouvelles lacunes en Techniques de fabrication, sur lesquelles insisterez-vous?

L'ensemble des réponses est donné dans le tableau où chaque lettre signale comme précédemment un élément de réponse dans le témoignage d'un expérimentateur et où l'ordre des éléments de réponse reflète au plus près les catégories des expérimentateurs. L'interprétation du tableau risque d'être faussée si on ne prend pas en considération le fait que les réponses sont de plus en plus courtes et générales lorsqu'on pose de ① à ⑤ (ces questions venaient en fin de questionnaire et une certaine lassitude s'y manifeste). Ceci explique certainement la proportion de plus en plus grande d'attitudes à partir de la question ②.

Tenant compte de cette remarque importante, on peut noter d'un point de vue global les aspects suivants :

- un bon élève en techniques de fabrication est autonome, efficace, solidaire ; il est capable de raisonner sur les situations concrètes, comprend les dessins techniques et réussit la fabrication ;
- un mauvais élève n'est pas exactement l'inverse. Si on peut s'appuyer sur les questions ② à ⑤, on remarque que des variations d'importance affectent l'intérêt, l'attention, la solidarité, l'habileté gestuelle, les raisonnements et la compréhension des gammes.

Comme dans le cas des critères d'observation, il est permis de faire l'hypothèse que les niveaux d'attente des enseignants se traduisent d'un point de vue qualitatif par l'introduction où la disparition de critères. L'habileté gestuelle peut servir d'exemple : pouvant être valorisée s'il s'agit d'une grande dextérité ① ou signalée pour une faiblesse de bon élève ③, elle est peu prise en considération pour un élève médiocre ②, mais réintroduite s'il s'agit de le défendre ③ ou au contraire de le "charger" ⑤.

- par rapport aux observations, un certain déplacement vers les attitudes, et les raisonnements peut être observé. On constate aussi que plus de la moitié des expérimentateurs s'expriment ici en termes d'objectifs(attitudes, performances, compétences, langages, démarches) ce qui est beaucoup plus fréquent que dans le cas des observations.

Au terme de cette étude sur le "faire", on peut dire que les expérimentateurs réalisent de manière cohérente le "contrat" de fabrication, avec une pédagogie de l'autonomie et une approche globale, malgré des difficultés qui peuvent mettre en cause en premier la démarche pédagogique.

Jugements	① valorisation	② dévalorisation	③ points forts	④ faiblesses	⑤ nouvelles lacunes
attitudes					
├intérêt,participation,réalisation	C D N	G H J Q	D E N	B J L M R	C E J M T U
├confiance en soi,initiative,autonomie	A C F G K L M N P S T V	D E F G K M P R U V	A B D G H M N P V	B D F G H L M P U V	D E L M P U V
├soin, attention, sérieux, responsabilité	C I J K L T U V	B K Q U	B C D E G H L N Q P T	H L	E Q S T V
│ ├ tâche	B E F	A C			
│ └ matériel	B R	B C	C R	R	
├réflexion,organisation,imagination	A Q D E H J	B D R F	L M P R S T	D E P Q S	C D E H L S
├persévérance	Q	I Q R	C L		Q
└entraide,solidarité	F H K N P Q U V	C U	A H N P Q R	Q R	P Q T
résultats					
├caractéristiques					
│ ├progression		A N P		T	
│ ├précision,qualité	B D U	A E	A E T		M
│ └rapidité	A L	G L	A	F	L
├domaines					
│ ├habileté gestuelle	F K V	V	D N P T V	H P R	A C G R U V
│ ├représentation spatiale	G K		N T	V	G H
│ ├raisonnement,analyse des incidents	E H J K Q R T	A E K R	A D L S T	D R S	D S
│ ├expérimentation	H K				
│ ├lecture dessins et gammes	A B E F G K M S T U V	K P S T V	A P S	A P S V	G
│ ├langue orale et écrite	K T	D T			S
│ └documentation		D			
└compétences	K				
│ ├réglage et manipulation des machines	A B D E G H M P S U	K T			R U
│ └traçage	R	E		A	

3.3.3. LES OBJECTIFS

Avec les données recueillies sur les observations et surtout les jugements d'élèves par les expérimentateurs, on a vu réapparaître de manière de plus en plus explicite le point de vue des objectifs et l'usage des indicateurs. En accord avec J. Pocztar (1) on peut considérer que cela traduit un changement que nous rapporterons à trois "dimensions" d'évolution :
- passage d'un modèle spontané, normatif et global de la discipline à un modèle pragmatique et analytique ;
- passage de la préoccupation "qu'est-ce que je vais leur faire" à celle du développement multiforme des attitudes et des capacités des élèves ;
- séparation des activités et des résultats permettant la discussion raisonnée et les choix des contenus et des démarches.

Pour préciser ces suppositions, nous chercherons maintenant à apporter des éléments de réponse empiriques aux deux séries de questions suivantes :
- comment les objectifs ont-ils été reçus par les expérimentateurs, quelle a été leur influence, et leur degré d'adoption? (2)
- quelle est leur pertinence, ont-ils servi à déceler des difficultés, susciter et évaluer des progrès?

3.3.3.1. RECEPTION

Dans la partie sur le "dire", nous avons exposé ce que les expérimentateurs pensaient de l'utilisation du tableau des objectifs. Selon la moitié d'entre eux, le tableau n'avait pratiquement pas servi. Très peu l'avaient utilisé dans la préparation d'une séance, mais près de trois quart des réponses disaient l'avoir utilisé pour orienter le travail en classe et en particulier pour développer l'autonomie (7 exemples).

Si l'on reprend les témoignages recueillis en diverses circonstances, on voit alors que l'éventail va de U : "définition des objectifs : c'est une notion que je n'ai pas encore complètement assimilée... j'en suis encore au "que faut-il leur apprendre""(questionnaire 76) à K qui signale avoir utilisé,

---

(1) J. POCZTAR, la définition des objectifs pédagogiques, bases, composantes et références de ces techniques. ESF, 1979, p.160-161.
(2) autrement dit : dans quelle mesure ont-ils été "transmis"?

bien qu'avec difficulté, une grille d'observation des élèves où figurent les objectifs du tableau (annexe au journal de bord n°9 de 76).

En nous appuyant sur les journaux de bord dont nous disposons, nous allons essayer d'avoir une idée plus précise de l'utilisation des indicateurs d'évaluation en 75 et des objectifs dans la préparation et la régulation d'une séance de travail en 76.

A) indicateurs d'évaluation. Nous commencerons par les indicateurs, pour la raison suivante. Au départ, il avait été suggéré aux expérimentateurs de prendre le "point de vue des objectifs" en passant par les indicateurs d'évaluation. Et dans les journaux de bord de 74-75, une question portait spécialement sur cet aspect : "quels indicateurs du tableau des objectifs possibles avez-vous essayé d'utiliser pour les contrôles au cours de la séance? Qu'avez-vous observé?"

Les "indicateurs" en 74-75 sont ceux du tableau des objectifs rédigé par J. Chabal pour le stage préparatoire de fin 74. Ils diffèrent de ceux du tableau 75 issu du stage d'Orléans ; en effet les objectifs y sont présentés de la manière suivante :

- d'abord trois "objectifs collectifs" ; "production collective", "socialisation globale" (du groupe élève), "ouverture du milieu scolaire vers le milieu technologique" ;
- ensuite les objectifs individuels selon les catégories attitudes, performances, langages et codes, méthodes et démarches appliquées, connaissances, démarches générales.

Nous rechercherons si dans les journaux de bord des expérimentateurs figurent explicitement des indicateurs et à quels objectifs ils correspondent. Comme la situation est très différente dans les séances initiales (nous prenons les quatre premières) et les séances intermédiaires de "routine" (quatre séances autour de la dixième), les données seront différenciées.

Pour montrer sur un exemple concret le processus de dépouillement, reportons-nous au journal de bord donné en exemple dans l'annexe IIIc. Quatre rubriques figurent dans la colonne "indicateurs". La première ("traçage de la flasque à grande échelle sur une feuille de papier") est une activité et ne figure pas dans les indicateurs proposés : elle ne sera pas retenue. Les trois autres ("valeur du produit", "respect et entretien du matériel collectif", "valeur du travail") correspondent respectivement à des indicateurs proposés pour les objectifs "production collective", "socialisation globale" et de

nouveau "socialisation globale". Il ne s'agit pas ici de discuter la pertinence des indicateurs et des objectifs, mais de prendre la mesure de leur degré d'adoption. Le signe de l'expérimentateur figurera donc ici une fois pour "production collective" et une fois pour "socialisation globale" pour les séances intermédiaires. Si ces indicateurs apparaissent plusieurs fois, le signe de l'expérimentateur ne figurera qu'une fois par groupe de séances.

objectifs concernés	1ères séances	séances intermédiaires
pas de journaux de bord	A B C H I	A B C D G H I J N O Q S T
pas de réponse à la question	G M N O	
production collective	L P Q	L M P R
socialisation globale	L P	M P R
ouverture du milieu technologique	R S T U	M
autonomie	E F K P T U V	E F K P U V
responsabilité	E F K Q R S	E F K L P U
socialisation	E J L P	F K L R U
efficacité		E F K P
orientation spatiale	F K Q	K
performances sensorielles	K R U V	E F K L U V
performances sensorimotrices	D E F R S	E F K L
lecture & expression oral/écrit	F K	E V
vocabulaire spécifique	D F K Q R	L P
lecture documents graphiques	E F K U V	E P U V
étude organisation technologique d'un objet	K	F K V
étude organisation de la production	E	E F K L U V
solution problème technologique		
incertitude, dispersion	K	E
problèmes physiques de fabrication	E F K R T U	E K
logique de coordination des actions	F	
analyse		
déduction		
prise de décision	E	F
induction expérimentale		E

Nous n'essaierons pas d'interpréter en détail le tableau qui ne fournit que des suggestions. En dehors des difficultés d'utilisation des objectifs et indicateurs dues à des ambiguïtés du tableau et surtout au fait qu'il n'a pas été discuté, on peut cependant constater que la moitié des expérimentateurs montre qu'elle a effectivement utilisé les indicateurs d'évaluation, sans se contenter d'une impression globale ("ça a bien passé") ou du constat de conformité/non conformité d'une pièce produite au dessin et d'une fiche aux bonnes réponses.

Si on compare ce résultat aux positions exprimées sur les objectifs (3.3.1.), on constate que ceux qui montrent avoir utilisé les indicateurs (E F K L P Q R S T U V) n'ont pas tous conscience de l'avoir fait (E T U). Ceci inciterait à penser que la réception des indicateurs est plutôt meilleure que celle qui ressort du "dire". Par contre, peu d'expérimentateurs (E F K) ont utilisé le tableau dans toute sa richesse.

B) objectifs de séance. Dans les journaux de bord 75-76, on demandait d'une part l'"objectif principal de la séance" et on posait d'autre part la question suivante : "pendant la séance, outre l'objectif principal, vous avez certainement cherché à favoriser des activités qui permettent d'atteindre certains autres objectifs figurant dans le tableau des objectifs possibles. Vous avez dû alors observer des comportements d'élèves au travail et effectué des contrôles oraux, écrits... Quelles observations et constatations avez-vous faites?"

Nous chercherons maintenant à préciser à partir des réponses apportées à ces deux rubriques, le degré d'emploi explicite des objectifs dans la préparation et l'orientation d'une séance. Le problème est ici de savoir quel est le point de vue principal adopté :

- celui du maître ou des élèves?
- celui de l'activité (ou du sujet d'étude) ou des objectifs?

Pour cela nous dépouillerons les journaux de bord des quatre séances initiales et de deux ou trois séances de "routine" en dégageant le cas échéant, soit les catégories d'objectifs concernés (objectifs ou indicateurs explicites) soit les activités des élèves ou les activités et les buts du maître.

L'exemple du journal de bord de P dans l'annexe IIIc donnera ainsi :

objectif principal : fabrication ⟶ activité élève-fabrication

objectifs secondaires : .respect du matériel ⟶ attitudes (socialisation)

.autonomie des élèves ⟶ attitudes (autonomie)

SEANCES INITIALES

indication	rubrique : "objectif principal"				rubrique : "objectifs secondaires"			
	1ère	2ème	3ème	4ème	1ère	2ème	3ème	4ème
pas de journaux de bord pas d'indications	BHIJMN GJQ	BHIJMNO GJQ	BHIJMNOL GJLQ	BHIJMNOLQUV GJKL	BHIJMO AJCF	BHIJMNO CJ	BHIJMNOL J	BHIJMNOLQU DJ
attitudes	EF	FK	CE	CE	EKPSTU	ADKPV	ACDKQRS	ACEFKPQST
performances					K		ACDEGKLPU	AKLR
compétences		F	FKR	ER	LQ	DLSUV		FRST
langages	F		E	F	EGKRV	FGPQRSTUV	PTU	CGRT
démarches	K				EKLV	FLPTV	GKU	ST
notions & lois		E				E	V	F
activités de l'élève activités & but du maître	LORU ACDOPRSTUV	ACDLPRST RTUV	ADPRSTUV	ADPSTU				

SEANCES INTERMEDIAIRES

	rubrique : "objectif principal"	rubrique : "objectifs secondaires"
pas de journaux de bord pas d'indication	A B C D E H I J M N O G Q	A B C D E H I J M N O Q
attitudes	F	F K L P R S T U V
performances		F G L
compétences		F L R T
langages		K R S T U V
démarches	F	F G K P S T
notions & lois	K F	G P R
activité de l'élève		
├fabrication	P S T U V	
├fiches	P S U V	
└autres	P	
activités & but du maître	R L	

La présentation des résultats utilise les mêmes modalités que précédemment, avec les classes d'objectifs du tableau de 75-76 issu du stage d'Orléans (3.3.1.).

Le nombre de journaux de bord disponibles est faible, mais la tendance qui se dégage paraît assez nette. Même lorsqu'on appelle une réponse selon le point de vue des objectifs, il n'y a pas d'"objectif principal" à une séance mais des activités dont le choix est plus ou moins lié à des objectifs. Par contre, les objectifs prennent une place prééminente pour l'orientation des activités et l'évaluation des élèves pendant les séances. Ce second aspect est cohérent avec le fait que les indicateurs d'évaluation ont été assez bien utilisés dès la première année d'essai.

La "pédagogie des objectifs" semble se heurter ici à une limite solide. Les raisons en sont-elles subjectives, liées à la formation pédagogique, ou objectives, liées à l'existence d'un contenu d'activités? Nous n'avons pas d'éléments de réponse avec cette évaluation (1).

3.3.3.2. PERTINENCE

Après avoir examiné dans quelle mesure le point de vue des objectifs a été reçu et adopté par les expérimentateurs, et acquis ainsi de premiers éléments d'information sur l'utilisation du tableau des objectifs dans cet essai, il convient maintenant de voir si les objectifs, individuellement et dans leur ensemble sont "pertinents". Nous entendons par là trois caractéristiques :

- la cohérence entre les objectifs, les activités et les moyens du module ;
- l'existence d'obstacles chez les élèves pour maîtriser chacun des objectifs ;
- la possibilité de progrès sur chacun des objectifs.

A) cohérence et progrès. Nous examinerons ensemble très rapidement les deux aspects de cohérence et de "progressivité". Nous nous appuyerons pour cela sur les implications que la réalisation du "contrat de fabrication", le travail sur fiches et la démarche pédagogiques entretiennent avec les objectifs.

Le problème n'est pas uniquement théorique : savoir si dans le cadre d'une pédagogie utilisant les objectifs, tous les objectifs peuvent se rattacher à la réussite des activités sur le contenu du module. Il est aussi pratique : il faut vérifier que les expérimentateurs utilisent bien les objectifs

---

(1) mais nous inclinons fortement pour le second terme de l'alternative.

et que les élèves réussissent les activités.

Du point de vue théorique, la description du contenu du module (2ème partie, chapitre I : examen de la cohérence du projet) et la liste des fiches de travail (annexe IIa) montrent que les objectifs de "réalisation" (performances, compétences, langages, démarches, notions et lois) sont tous en relation avec des activités effectivement prévues ;
- s'il y a réussite du contrat de fabrication, c'est à dire si un compresseur est monté et essayé, cela implique que les objectifs de performances, compétences, représentations graphiques sont bien présents ;
- si les fiches ont été faites et vérifiées, cela implique que les objectifs de compétence, de langue, de représentation graphique, de relations numériques, les démarches d'analyse des fonctions et d'analyse des opérations, d'expérimentation, de documentation, et que les objectifs de connaissances, (notions et lois) sont concernés ;
- enfin, si la démarche est globale, dans une situation d'autonomie avec organisation collective du travail, la réalisation même du contrat et des fiches implique que les objectifs d'orientation (toutes les attitudes), ceux de langue (vocabulaire, expression des relations), et de documentation soient présents. Un élève qui a usiné, utilisé les outils manuels, remplis les fiches, fait fonction de magasinier, participé au montage et aux essais, et rédigé des traces, *a pu progresser* sur *tous* les objectifs du tableau.

Du point de vue pratique, nous avons montré dans la partie sur le "faire" que le "contrat" était effectivement réalisé, avec une organisation collective des activités et en situation d'autonomie ; de même l'étude de la "réception" des objectifs a montré, mais dans une moindre mesure, que les expérimentateurs utilisaient bien les objectifs, principalement pour l'évaluation. Certains objectifs sont toutefois peu employés : relations numériques, déduction, et tous les objectifs de connaissance sauf la notion de précison.

Dans ces limites, on peut donc dire qu'il y a cohérence des objectifs et progrès sur ces objectifs.

B) objectifs et obstacles. Dans le cadre de la conception défendue ici d'un lien entre objectif et obstacle, il ne suffit pas de s'assurer de la cohérence, il faut vérifier que chaque objectif correspond bien à un ou des obstacles que les élèves ont en majorité à franchir pour réussir.

a) Pour étudier ce point nous utiliserons l'ensemble des journaux

de bord envoyés en 76, donc après un premier rodage du module, par deux expérimentateurs, F et K, dont on a vu dans l'analyse de la "réception" des objectifs qu'ils étaient ceux qui les avaient le plus employés, couvrant tout le tableau.

Nous chercherons dans toutes les rubriques de leurs journaux de bord, toutes les difficultés d'élèves qu'il est possible de rapporter à des objectifs, en laissant de côté celles venant du manque de matériel, ou de perturbations externes. Le résultat de ce sondage est donné dans le tableau suivant où les numéros sont ceux des séances où ont été observées les difficultés concernant un objectif.

objectif - obstacle	E	K
curiosité	3	1 2 5
efficacité	3 4 12	5 6 11
autonomie	2 3 4 12	2 3 6
socialisation	4	3
perceptions	3 12	3 4
régulation du geste	5 12 13	3
orientation spatiale	13	3 5
utilisation efficace des outils	2 3 4 5 12 13	3 4 6
langue commune	4 5	1 6
représentation graphique	2 3 4 5	5 6 9
relations numériques		4
analyse des fonctions	1 4 12 13	5 11
analyse des opérations	3 12	2 5 9
expérimentation		9
déduction		9
documentation	2 5	1
précision	3	6 9
propriétés physiques et mécaniques		
propriétés géométriques & cinématiques	2 3 5	5
production industrielle	12	

Il apparaît que tous les objectifs ont pu correspondre à des difficultés, sauf les "propriétés physiques et mécaniques"jamais signalées de ce point de vue. Les obstacles sont constatés avec des occurrences très inégales, correspondant à des difficultés objectives, mais sans doute aussi à des préoccupations subjectives des expérimentateurs variables et à des occasions plus ou moins nombreuses de manifestation ; on peut penser à ces raisons pour expérimentation, propriétés physiques et mécaniques, production industrielle, l'étude

sur les réalisations du module ayant montré que les "ouvertures" prévues (objet, machine, production) avaient été très peu introduites.

Compte tenu de ces restrictions, on peut juger que la correspondance entre objectifs et obstacles est assez bonne et qu'ainsi la pertinence du tableau des objectifs a été vérifiée pour les élèves et les expérimentateurs de l'essai du module.

b) Mais en en restant à cette appréciation grossière on laisserait échapper une grande partie de la richesse des comptes rendus d'expérimentateurs qui peuvent nous donner des indications beaucoup plus fines, et donc permettre de diversifier beaucoup les indicateurs d'évaluation. Pour en donner une idée, nous reproduisons en annexe (IIIc) un relevé effectué par M. PEZET à propos des difficultés lors de l'usinage. On peut raccorder les difficultés signalées à différents objectifs :

reconnaissance de l'outil, de l'arête de coupe	→ compétences, perception, mais aussi connaissances (coupe)
mises en position (outil dans porte-outil, objet dans porte-objet, objet par rapport à outil)	→ compétences, analyse des fonctions et connaissances (coupe, propriétés géométriques), perceptions, orientation spatiale
préparations (vitesses : courroies, profondeur de passe)	→ décodage de la gamme, relations numériques, analyse des fonctions et globalement compétence
maintien en position	→ régulation du geste, mais aussi analyse des fonctions
approche de l'outil, passe-retour-passe, traçages	→ régulation et coordination du geste, perceptions

L'utilisation du calibre à coulisse pour les contrôles ou les mises en position, a montré des difficultés de différents ordres :

- d'abord, et ceci est recoupé par les observations sur le traçage, la notion de 1/10 de mm, c'est à dire la représentation d'objets faits avec certains matériaux dont les dimensions peuvent être définies à cette précision, de machines qui peuvent usiner à cette précision, d'instruments de mesures et de contrôles est très difficile pour des enfants qui raisonnent en cm et trouvent que le passage au mm est déjà pour eux un gros progrès. En liaison avec ceci, la notion de surface de référence est ardue.
- ensuite, mais ceci est connu dans l'enseignement technique, lorsqu'on a la conviction qu'on peut "travailler au 1/10", il faut un apprentissage de l'ins-

trument (conditions d'utilisation, régulation du geste et perceptions). La découverte des grosses difficultés de conceptualisation de la précision au 1/10 lors de l'essai (le "submillimétrique", jusqu'au micron) a bien montré l'importance de l'objectif notion de précision.

Une analyse analogue pourrait être faite à propos du traçage où les problèmes de régulation du geste et de perception des tracés sont très importants sur certaines matières (altuglas), alors même que les problèmes d'outil (substitution pointeau - pointe à tracer), de construction géométrique (parallèles, perpendiculaires), et de précision des cotes sont résolus (1).

L'étude des gammes, dont les difficultés étaient rangées parmi celles de la lecture des représentations graphiques, montre qu'il faut séparer dessins, schémas exprimant des relations diverses, *codages divers* (outils, cotes et tolérances...), mais surtout que l'analyse des opérations elle même était malaisée alors même qu'elle est donnée dans le document pour les élèves.

En ce qui concerne l'analyse fonctionnelle et cinématique des machines-outils, une recherche psychologique a été effectuée avec des élèves suivant le module (2). Elle montre que dans la représentation des éléments de la machine-outil, les éléments mobiles sont mieux appréhendés que ceux qui sont fixes par rapport au bâti, et que les mouvements réels, sont plus ou moins facilement conçus (translation, rotations, transformations) selon qu'ils sont commandés ou non par le sujet. Globalement le passage aux positions et mouvements relatifs est difficile bien qu'il soit nécessaire à une bonne compréhension : un exemple de fixation dans un mode de pensée par attributs est l'incapacité de reconnaître sur un montage que parfois c'est le foret qui est fixe et la pièce à percer qui tourne (3). C'est ce qui rend difficile l'accès à un concept important pour le dépannage ou la conception comme celui de "circuit mécanique" (4), sauf à prévoir d'importants efforts spécifiques. Et c'est ce qui justifie plus généralement qu'un certain type de

---

(1) Des difficultés analogues sont mises en évidence dans J.P FROMENT et P. BENEDETTO, contribution à la mise en place d'une pédagogie par objectifs dans les CET in *Pédagogie par objectifs ou objectifs en pédagogie*, IO n°7, IREM d'Orléans, 1977, p.32-45.

(2) D. LEMERCIER, *processus de réalisation, représentation et conduite de la machine-outil*, thèse de 3e cycle non publiée, Un. Paris V, 1980.

(3) On trouve de premières études sur les "stéréotypes" des apprentis fraiseurs dans A. LEON, *formation générale et apprentissage du métier*, PUF, 1965, p.186-210.

(4) J. CHABAL, R. DEPREESTER, J. SCLAFER, R. DUCEL, *méthodologie de la construction mécanique*, Foucher, 1973, p.71-76 : notion de circuit, et p.77-84 : créativité, conception.

créativité technologique, fondé sur une pensée relationnelle et non l'intelligence pratique de la situation, soit écarté en tant qu'objectif possible de ce module.

On peut en conclure que si globalement les objectifs correspondent bien à des obstacles observés, que les élèves peuvent franchir, et qu'il s'agit donc bien d'objectifs pertinents, des modifications seraient nécessaires pour affiner dans le détail en tenant compte des données empiriques accumulées par les expérimentateurs. Des catégories, des formulations et surtout des indicateurs seraient ainsi améliorés.

3, 4

DISCUSSION

3.4.1. RESULTATS

Il est maintenant possible de rassembler les acquis du travail d'évaluation des objectifs du module Techniques de fabrication. Notre ambition n'était pas d'évaluer tous les aspects, mais d'apporter quelques éléments empiriques, en laissant de côté les procédures habituelles se limitant aux opinions d'"experts".

Le premier problème est celui de la pénétration du "point de vue des objectifs" chez les expérimentateurs du module. Il s'agit d'apprécier dans quelle mesure les maîtres sont passés d'une pratique centrée sur ce qu'ils font et ce qu'ils enseignent à une pratique centrée sur ce que font les élèves et sur leurs progrès observables ; dans quelle mesure ils ont différencié les activités et les objectifs, ouvrant ainsi la voie à des choix dans la préparation et l'orientation des activités.

La pénétration la plus massive du "point de vue des objectifs" se situe dans le domaine de l'évaluation. Ceci correspondait aux suppositions des concepteurs du module et a pu être vérifié à partir des témoignages sur les critères de jugements des élèves et les observations faites au cours des séances. La situation était sans doute favorable à cause du contenu très nouveau du module et du manque de contrôles collectifs conformes aux options pédagogiques de démarche globale d'initiation et d'activités autonomes ; mais on peut penser que l'enrichissement des moyens d'évaluation, le passage d'un jugement global à une observation analytique, est le domaine dans lequel la progression des maîtres peut être la plus rapide quel que soit le contenu.

La dissociation activités des élèves - objectifs ne s'est pas traduite par un choix des activités de séance en fonction d'un choix préalable d'objectif. Dans le cadre d'une pédagogie du "contrat de fabrication", ceci serait d'ailleurs une fiction, les contraintes de fabrication étant trop fortes. Mais la prise en considération des objectifs d'attitudes, qui peuvent rentrer en contradiction avec le "contrat" (par exemple développer l'autonomie, ou terminer le compresseur) a permis aux expérimentateurs d'orienter leurs interventions vers la mise en valeur des conditions de l'autonomie ou de la coopération, favorisant ainsi le passage dans les faits d'une démarche conforme à celle qui était proposée. Par contre, "contrat" et objectifs peuvent concourir à repousser l'adoption d'une démarche d'initiation globale.

Le second problème concerne la cohérence et la pertinence du tableau des objectifs proposés. Dans le cadre de la conception des "objectifs-obsta-

cles", nous avons montré à partir des journaux de bord de l'essai que les objectifs du module correspondent bien au contenu et aux démarches, et à des progrès observables des élèves par rapport à des obstacles effectivement rencontrés lors des essais dans les classes. Dans la mesure où nous pensons que la pénétration du point de vue des objectifs a été suffisante, le tableau des objectifs nous semble donc globalement pertinent.

Ceci ne veut pas dire que des améliorations ne doivent pas être apportées à ce tableau, compte tenu des données fournies par les essais. Mais nous considérons qu'il a pu jouer un rôle spécifique - au moins pour l'évaluation des élèves - au sein de la "panoplie" d'instruments fournis aux expérimentateurs (dessins et gammes, fiches, exemples de planning et d'organisation, ...). C'est d'ailleurs parce que les objectifs n'ont pas été dissociés des autres aspects du module (contenus et démarches,qu'ils ont été relativement bien "transmis" aux expérimentateurs. Une modification isolée est toujours vulnérable, sous la pression de ce qui a été conservé.

Le troisième problème concerne l'intérêt des objectifs ou leur hiérarchie. La valorisation des objectifs d'attitudes, autonomie et socialisation, se retrouve aussi bien dans l'opinion des expérimentateurs, que dans leurs déclarations, leurs réalisations, leurs évaluations. De même la dévalorisation des objectifs "relations numériques", "organisation productive industrielle", "propriétés physiques et mécaniques" se retrouve partout. La hiérarchie exprimée par les expérimentateurs semble donc correspondre à leur pratique, telle qu'elle ressort des différents témoignages (1).

En réalité, on observe pour les autres objectifs des discordances notables. Ainsi l'attitude d'"efficacité" et la "compétence dans l'utilisation des outils" qui semblent dévalorisées, sont en réalité très employées dans les observations de classe. Inversement l'objectif "déduction" assez bien classé dans la hiérarchie proclamée, est très peu utilisé en observation. Nous pensons qu'un apport de cette évaluation sur les objectifs est d'attirer ainsi l'attention sur ces différences, ces incohérences, dues aux contradictions éventuelles entre les différents emplois possibles des objectifs et de leurs indicateurs.

Ce type d'évaluation des objectifs n'a pas à notre connaissance beaucoup de précédents, et il ne nous a pas été possible de comparer notre

---

(1) Il ne faudrait pas attribuer une valeur absolue à cette hiérarchie : ainsi la dévalorisation des connaissances, qui peut être rattachée à un "effet de mode" (dont les objectifs sont une des expressions), est surtout liée ici au contenu du module centré sur la réalisation.

travail à celui d'autres chercheurs. C'est pourquoi, nous nous contenterons maintenant de le confronter au questionnaire de d'Hainaut (1), qui bien qu'établi nous semble-t-il dans une perspective d'expertise, et non d'évaluation empirique, et utilisant une classification et une nomenclature différentes des questions, offre le panorama le plus systématique sur "l'évaluation des buts et des objectifs pédagogiques".

Laissant de côté les questions sur la cohérence avec les fins de l'éducation, le champ (domaine d'application),l'accessibilité (temps, personnels, matériels, argent) et l'acceptabilité matérielle, auxquelles le chapitre 2.1 et l'annexe II.a, consacrent des analyses, nous pensons avoir apporté des éléments de réponses fondés sur les témoignages et les réalisations des expérimentateurs, à propos de :

- la valeur hiérarchique, selon les opinions et les observations des expérimentateurs ("cohérence")
- l'adéquation psychopédagogique, en particulier par rapport à la maturité des élèves ("pertinence")
- l'acceptabilité affective, par les éducateurs ("hiérarchie", "réalisations" et "évaluations")
- certains "critères d'ensemble" (cohérence entre objectifs, couverture des contenus, équilibre entre objectifs et "économie").

Nous n'avons pas abordé les questions appelant des réponses relevant des autorités administratives, des élèves, ni celles concernant l'explicitation des objectifs et l'organisation logique.

L'évaluation est donc incomplète, mais son apport concerne un des éléments déterminants de toute innovation pédagogique : les maîtres. Quelle que soit la valeur d'objectifs pour des experts, c'est eux qui les emploierons, les dévoieront ou les rejetteront ; on ne peut se passer de leur donner la parole, et de savoir ce qu'ils font.

Il faut pour cela surmonter les illusions et les contradictions dues aux différences entre le "dire" et le "faire". Le "point de vue des objectifs" peut en effet autant servir à camoufler la pratique qu'à la modifier. Nous pensons avoir montré quelles étaient les "réalisations" du module et aussi qu'elles correspondaient bien avec les "déclarations" des expérimentateurs sur le contenu. Avec plus de diversité selon les situations, positions sur

---

(1) D'Hainaut, *Des fins aux objectifs de l'éducation*, 1980, p.80-94 et p.437-439.

les objectifs et utilisations de ceux-ci tendent aussi à coïncider. A condition d'utiliser des sources variées et de les confronter comme cette évaluation a cherché à le faire, il semble donc possible de retenir l'avis des expérimentateurs sur le contenu et les objectifs comme reflétant la réalité.

3.4.2. LIMITES

Au terme de ce travail, on attend sans doute la présentation d'un nouveau tableau des objectifs du module. Pour la raison fondamentale que la formulation doit être établie avec les utilisateurs eux-mêmes, nous ne le ferons pas.

Mais en tant que participant au groupe des concepteurs, et responsable de l'évaluation, nous proposerons quelques améliorations. Plus exactement, nous dirons dans quelles directions nous chercherions à améliorer le tableau avec les expérimentateurs ou des enseignants qui se seraient agrégés à leur groupe, à l'exclusion de tous autres à qui ce tableau pourrait être proposé "tout fait". Inventaire, classification, formulation, tout doit pouvoir être modifié pour rendre l'instrument plus conforme aux conceptions générales adoptées, plus maniable dans l'utilisation : l'effort d'analyse doit être renouvelé en permanence, comme double moyen de remise en question et d'"objectivation" ; il ne peut y avoir de tableau définitif.

C'est particulièrement net lorsqu'on pense aux objectifs d'"orientation",les attitudes. Au-delà de l'accord pour les considérer comme les plus importants, et en particulier pour l'autonomie, de nombreux "flottements" apparaissent ; déjà des changements importants avaient suivi de longues discussions lors du stage d'Orléans. Si peu de problèmes se sont posés à propos de la "socialisation", l'ensemble "curiosité"/"autonomie"/"efficacité", au-delà des contradictions entre les trois objectifs - contradictions normales et qui se résolvent par des alternances, car on ne peut pas progresser pour tous trois au même moment - montre des difficultés d'inventaire et de classement : où situer la persévérance ou la recherche de la sécurité pour soi? Une solution serait de multiplier les attitudes, ce qui rendrait le tableau inutilisable. Il n'y a pas d'autre moyen que la "négociation" d'un accord conjoncturel entre utilisateurs.

Les "performances" et "compétences" posent un autre problème. Les performances sont utilisées et les essais permettent de les préciser (activités et indicateurs) mais on peut se poser la question de la place de ces objec-

tifs : prérequis nécessaires ou élément de développement de l'élève? quelle est la différence entre "régulation du geste" et "utilisation adéquate" (plutôt qu'"efficace") des outils? Les expérimentateurs avaient bien ressenti la nécessité d'objectifs plus englobants, d'intégration. Compte tenu de l'ensemble très riche d'observations rapportées à propos de la "pertinence", la liste des indicateurs et des activités pourrait être profondément modifiée et précisée. Mais cette orientation risque de s'opposer à la pédagogie globale d'initiation et faire tendre le module vers une formation préprofessionnelle. Les mêmes observations peuvent être faites à propos de la "documentation" (en particulier des notices techniques) qui est une "compétence" et non une "démarche".

Pour ce qui concerne les langages, les résultats de l'évaluation engageraient à proposer la suppression des "relations numériques", dans la mesure où elles ne constituent pas un obstacle principal (par rapport aux propriétés géométriques et cinématiques), à préciser mieux dans la "langue" orale et écrite les aspects expression des relations d'une part, terminologie de l'autre, et à distinguer pour les "représentations graphiques", la représentation des formes, la schématisation des relations, les codes annexes plus ou moins normalisés.

Dans les démarches, une modification de la classification serait possible en ne laissant que "analyse des fonctions", "analyse des opérations" et "expérimentation", l'objectif "déduction" bien que valorisé par les expérimentateurs étant en fait peu utilisé et combiné aux "analyses" appliquées aux fonctions techniques ou aux opérations.

Enfin, les résultats de l'évaluation conduiraient à ne garder comme objectifs-obstacles parmi les notions et lois que "notion de précision" et "propriétés géométriques et cinématiques",les autres connaissances ne donnant pas lieu à des difficultés propres et étant prises en charge dans les instruments didactiques et les conceptions générales du module.

Il resterait alors à établir les formulations d'objectifs et d'indicateurs en intégrant les observations sur les obstacles réels rencontrés et surmontés par les élèves.

Comme on le constate, la prise en compte de l'évaluation permet de faire quelques propositions d'améliorations, mais pose autant de questions nouvelles qu'elle permet d'en résoudre. La règle à laquelle nous nous sommes conformé - il existe à un moment donné, dans une activité donnée un obstacle déterminant dont l'aspect dominant se situe dans le domaine des attitudes, ou

des performances... - ne conduit pas à des impasses, mais ne résout pas toutes les difficultés théoriques d'un tableau d'objectifs qui doit être d'abord un instrument au service des utilisateurs.

Nous avons rencontré des problèmes internes aux objectifs :
- ambiguïtés dans les classifications et formulations pourtant établies avec les utilisateurs ;
- contradictions entre objectifs (p.ex efficacité/autonomie), déjà notées par d'Hainaut (1) ;
- flottements pour marquer des limites dans les dépendances réciproques ou l'extension des objectifs (p. ex. les "compétences").

Mais il existe aussi des problèmes "externes", car tout ne "passe" pas par les objectifs :
- contradictions entre objectifs et "contrat" de fabrication (p. ex. curiosité/rendement de fabrication) ;
- contradictions entre objectifs et démarche (p. ex. terminologie précise/initiation globale).

Pourtant, les éléments d'évaluation recueillis montrent une bonne cohérence d'ensemble dans la réalisation du module et une bonne conformité aux conceptions générales du contenu et des démarches pédagogiques. De ce point de vue, le "coût marginal" important d'un effort beaucoup plus grand de définition des objectifs n'aurait sans doute pas assuré au moment de l'essai (76 et 77) d'amélioration conséquente.

Il semble donc préférable de "progresser sur tous les fronts" (élaboration des contenus et des démarches pédagogiques), en avançant sur le "front des objectifs" lorsque les résultats en sont profitables (évaluation, soutien d'une démarche pédagogique, remise en question de contenus). C'est la justification de notre ambition modeste de "caractérisation" des objectifs avec les expérimentateurs et non de "formulation opérationnelle" a priori. C'est surtout la leçon principale que nous tirons de cette étude et que nous proposons pour une éventuelle généralisation : une innovation qui se fixe sur un seul aspect a peu de chances d'être viable, car elle ne permet pas de déboucher sur une nouvelle cohérence d'ensemble (2).

---

(1) "Le "problème de la cohérence mutuelle" des objectifs est particulièrement important en ce qui concerne les rapports des objectifs cognitifs et des objectifs affectifs : il ne doit pas être négligé non plus à l'intérieur du domaine cognitif car il n'est pas sûr que deux objectifs s'opposent si on n'en délimite pas bien les domaines". D'Hainaut, *Des fins aux objectifs de l'éducation*, 1980, p.84.

(2) Le dispositif de formation des maîtres adapté pour le module devrait donc être maintenu et développé (durée, aides) pour une généralisation.

CONCLUSION

Tout au long de ce travail qui a pris, à cause des différents problèmes auxquels nous avons été confronté , des directions variées, nous avons tiré pas à pas les enseignements principaux qui nous ont paru découler des expériences et des réflexions présentées. Parvenu au terme, nous voulons maintenant avant tout insister sur les aspects les plus fondamentaux de ces enseignements.

A) a) Il n'est pas question ici de redoubler les analyses et les conclusions des synthèses nombreuses, importantes et dans une large mesure définitives,sur les objectifs pédagogiques. En langue française, presque tout a été dit par DE LANDSHEERE, BIRZEA, POCZTAR ou HAMELINE sur les techniques, les apports et les limites de l'explicitation et de l'opérationnalisation des objectifs.

Mais les besoins sont autres : dans la réalité de la recherche didactique et de la pratique enseignante, comment s'élaborent et s'utilisent les objectifs ? Quel est leur apport spécifique ? Quelles difficultés rencontre-t-on avec eux ? Quelles améliorations peut-on proposer pour ces instruments ? Pour progresser il faut multiplier les études "concrètes" sur des réalisations effectives : telle a été notre préoccupation constante.

b) Dans cet esprit, nous nous sommes appuyé sur un certain nombre de recherches et d'actions auxquelles nous avons participé et qui permettent de mettre en évidence de multiples questions, aspects ou propositions à propos des objectifs :

- nous avons ainsi pu travailler à différents niveaux ou phases de la conception et de la réalisation de curriculums d'initiation scientifique et technique, présenter et discuter des objectifs qui leur correspondent : activités d'éveil en physique et technologie pour l'ensemble de l'école élémentaire, sciences physiques au cycle d'observation, thèmes d'étude ou projets plus restreints ;

- dans chaque cas concret, conception des activités d'éveil, essai d'un "module" ou d'une "unité" d'initiation, concrétisation d'une partie de programme officiel, nous avons cherché à expliciter les raisons des choix, à dégager les perspectives de réalisations possibles, à évaluer les résultats et conséquences du travail (essais didactiques, publications, éléments de réformes) ;

- enfin nous avons effectué une tentative d'évaluation empirique des objectifs d'un projet d'initiation (module techniques de fabrication), en tant qu'instrument pour les maîtres d'orientation et de régulation de leurs interventions didactiques.

c) En centrant notre effort sur l'explicitation et l'évaluation des objectifs et de leurs modes d'élaboration et d'utilisation dans des cas réels, nous ne pensons pas être resté enfermé dans une pratique à courte vue ; prenant D'HAINAUT comme "interlocuteur" privilégié, nous avons cherché à confronter nos analyses concrètes à son modèle systématique et au-delà émettre quelques propositions nouvelles.

B) Le point de départ de la conception des objectifs développée ici est dans les recherches menées à l'INRP au début des années 70 sur la biologie en 6e et 5e et les activités d'éveil scientifiques à l'école élémentaire. Notre contribution de physicien à ces recherches a principalement consisté à les adapter et les concrétiser en tableaux d'objectifs pour l'initiation à la physique et à la technologie à l'école élémentaire et au collège (première partie de cette étude).

Les essais parallèles ou ultérieurs auxquels nous avons participé (module techniques de fabrication, unité propriétés mécaniques des matériaux, définition de l'élément chimique), nous ont amené à enrichir et préciser cette conception. Nous résumerons brièvement ci-dessous ces apports nouveaux.

a) A partir de l'essai du module technique de fabrication, nous avons montré l'intérêt de la notion de pratique sociale de référence dans l'analyse des fins , le choix des buts et des contenus (activités, matériel, démarche) et l'examen de leur cohérence. Nous suggérons que son utilisation permettrait de discuter de manière plus objective les problèmes du "concret" dans l'éducation scientifique, la cohérence d'une "pédagogie de l'environnement" et les démarches d'une vulgarisation attentive à ses interlocuteurs.

b) L'étude entreprise sur les difficultés et les possibilités du concept d'élément chimique en 5e nous a conduit , pour définir et explorer le contenu notionnel possible au niveau imposé,à montrer l'articulation entre champ empirique de référence (les réactions chimiques du programme) et structure conceptuelle (fonctionnement du concept d'élément). L'analyse détaillée des champs de référence nous semble nécessaire aussi bien pour

l'analyse épistémologique des contenus notionnels que pour l'investigation empirique des représentations et des apprentissages.

c) Dans la pratique de la caractérisation des objectifs (module technique de fabrication, unité sur les propriétés mécaniques des matériaux), nous avons montré l'intérêt de dissocier objectifs, situés à un niveau de généralité qui exclut les comportements mais confère une signification scientifique ou technique, et indicateurs d'évaluation qui gardent une explicitation comportementale nécessaire à l'observation et au contrôle. De même, nous avons rattaché les objectifs aux obstacles essentiels les plus fréquemment rencontrés et non à l'ensemble exhaustif des capacités visées. Ces deux propositions, qui sont à nos yeux fondamentales, visent à faire des tableaux d'objectifs des instruments effectivement maniables par les enseignants.

d) En s'appuyant sur les essais du module techniques de fabrication et la conception d'une initiation à la notion de dureté (unité sur les matériaux), nous avons essayé d'expliciter les relations qui s'établissent nécessairement entre thème d'activité, démarches pédagogiques et objectifs dans un enseignement qui s'inscrit dans le cadre d'une pédagogie globale, visant autant le développement général de l'individu que la maîtrise des contenus disciplinaires. En particulier, nous avons montré qu'il pouvait y avoir des tensions lorsque des activités visaient à la fois une réalisation concrète ("contrat" de fabrication d'un objet) et des objectifs d'attitudes (comme l'attitude d'autonomie), ou des limites à la caractérisation a priori d'un objectif (dureté), si on privilégiait une démarche d'investigation autonome par les élèves.

e) Enfin, avec le support des essais du module technique de fabrication, nous avons cherché à savoir comment les apports essentiels de la caractérisation des objectifs (passage du point de vue de la discipline ou de l'enseignant à celui de l'élève et passage de la représentation des activités en classe à l'explicitation des capacités visées) étaient "reçus" par des maîtres expérimentateurs, et quel était le degré de "pertinence" du tableau des objectifs élaboré avec eux (cohérence avec activités et démarches, accessibilité pour les élèves, relations aux obstacles rencontrés). Dans cette évaluation empirique des objectifs, nous avons pu montrer la relative pertinence des objectifs du module, et la pénétration plus facile du "point de vue des objectifs" comme instrument d'évaluation et de régulation (recherche de l'autonomie par exemple ici) que comme outil de préparation des activités. En même temps, cette évaluation fournit des ren-

seignements utiles sur les difficultés et les dérives possibles d'un tel projet d'initiation (en particulier l'abandon d'une démarche globale).

C) S'il est permis maintenant de jeter un regard rétrospectif sur l'ensemble de cette étude, trois caractéristiques se dégagent :

a) D'abord, nous accordons une grande importance à l'analyse de la "matière" d'enseignement, comme préalable à toute recherche didactique. En utilisant les catégories de la brève synthèse de P. VERMERSCH (1) sur l'analyse de la tâche, on constatera que nous nous sommes intéressé aussi bien à la logique des concepts (et plus généralement des compétences), qu'à celle des actions (activités) et à la logique pédagogique (démarches) et que nous avons pris, selon les cas, le point de vue de l'expert (le physicien) ou de l'observateur (évaluateur). Cette analyse de la matière, qui vise à expliciter les structures possibles des compétences et des activités est un développement du travail de mise en forme didactique des découvertes scientifiques ou des procédés techniques, mais utilisant les apports instrumentaux de l'épistémologie et de l'histoire, de la psychologie génétique et cognitive, de la sociologie, et effectuant elle-même les investigations empiriques et les élaborations théoriques nécessaires (2).

b) Ce premier aspect, fortement marqué par la compétence dans la discipline et qui caractérise la didactique, se double de préoccupations qui, au-delà de la technologie des objectifs, rejoignent la philosophie de l'éducation. Les relations entre buts généraux de l'éducation et démarches pédagogiques, fortement mises en évidence par V. HOST à propos des activités d'éveil, se retrouvent dans la plupart des projets auxquels nous avons participé (3). Nous nous sommes efforcé d'ajuster la conception et la caractérisation des objectifs aux choix prioritaires des buts généraux et des démarches, et de préserver la cohérence de l'ensemble.

---

(1) P. VERMERSCH, Analyse de la tâche et fonctionnement cognitif dans la programmation de l'enseignement, *Bull. Psych. XXXIII* N° 343 p. 179-187.

(2) Nous avons développé cet aspect dans un chapitre d'un livre collectif sur les processus d'apprentissage en sciences, à paraître chez P. Lang, Berne.

(3) V. HOST, Propositions en vue de la discussion des points de convergence des différentes recherches en cours, *Activités d'éveil scientifiques, initiation expérimentale,* N° 16, p. 3-17 (1977)
V. HOST, Place des procédures d'apprentissage dites spontanées dans la formation scientifique, *Revue Française de Pédagogie* N°45, 1978, p. 103-110.
Nous avons nous-mêmes développé ces questions dans les articles suivants :
A. CHOMAT, J.L. MARTINAND, La physique en 6e : une pédagogie nouvelle ? *Bull. Union des Physiciens,* N° 599, p. 385-389 (1977)
J.L. MARTINAND, Acquis et Perspectives de la Recherche sur les Activités d'Eveil en Physique et Technologie, *Cahiers de Fontenay,* N°16 - Sciences Physiques, Mélanges Didactiques, p. 109-124 (1979).

c) Enfin, nous avons conçu la caractérisation des objectifs comme une action collective pour et avec les enseignants eux-mêmes : il ne peut être question d'imposer un instrument préparé par des "experts", mais de construire dans une pratique et avec des compétences extérieures, les instruments nécessaires à l'amélioration de celle-ci. Cette conception pragmatique, mais informée théoriquement et empiriquement exigeante, nous a conduit à marquer l'apport irremplaçable,mais limité et transitoire,de la caractérisation des objectifs à la rationalité et donc à l'efficacité et l'orientation des actes didactiques.

SUR LA CARACTERISATION DES OBJECTIFS DE L' INITIATION AUX SCIENCES ET TECHNIQUES

---

essai de synthèse .

L'étude que nous présentons au lecteur dans les pages précédentes forme un tout. C'est à ce titre qu'il a paru indispensable d'en donner une conclusion qui la résume et l'achève. Aussi devons-nous apporter quelques justifications au présent essai de synthèse, au point de vue nouveau qu'il adopte, et aux buts qu'il poursuit.

les trois niveaux de notre travail

Dès maintenant, nous ne voulons pas dissimuler les difficultés que nous avons rencontrées dans cette entreprise. Notre travail suscite en effet des lectures très diverses. Par préoccupation d'améliorer un enseignement désuet, l'intérêt peut se porter sur les essais de contenus nouveaux : qu'est-ce qui a été fait en classe ? avec quel matériel ? un scientifique ou un technicien se reconnaissent-ils dans les activités des enfants ? comment réagissent les élèves et les maîtres ? Ayant "mis la main à la pâte" dans des actions variées pour rénover l'initiation aux sciences et techniques nous apportons d'abord des témoignages directs.

Cependant, en rester à ce niveau serait s'enfermer au ras de l'innovation ; il est légitime de se poser des questions plus générales, de prendre du recul : quelles idées orientent ces projets ? comment les décisions ont-elles été prises ? quels objectifs ont été poursuivis ? Sur la base de notre expérience pratique, nous apportons ici les résultats d'un effort de critique, d'analyse, et d'évaluation. Cet effort a été centré sur la question des objectifs, car il s'agit d'une composante essentielle de l'innovation et d'un thème de recherche important des sciences de l'éducation.

Mais il existe un troisième niveau. Pour répondre aux questions précédente nous avons dû élaborer des concepts nouveaux, inventer des démarches d'investigation. Nous présentons les résultats de ces constructions théoriques. Ces derniers ne restent d'ailleurs pas sur le plan de l'abstraction puisqu'ils sont à leur tour mis en oeuvre dans l'investigation et l'innovation concrètes.

choix d'une démarche d'exposition

A ces trois niveaux devraient correspondre des types de discours très différents. Mais il n'y a sans doute aucun moyen de satisfaire des attentes qui ne recouvrent qu'une partie des questions posées. C'est donc un compromis qui a orienté l'exposé des diverses investigations, dans la forme comme dans le fond, aboutissant à des démarches de présentation de type inductif : on part de problèmes concrets et pratiques pour déboucher sur des constatations ou des propositions générales. Les raisons de ce choix sont doubles.

La première est que nous souhaitons pouvoir être accessible à des lecteurs qui ont pu se poser dans leur profession les problèmes que les circonstances

nous ont amené à traiter : nous pensons d'abord aux enseignants qui ont eu à inventer ou rénover l'initiation aux sciences et techniques à l'école primaire et au collège ; nous pensons ensuite aux administrateurs qui ont à orienter et contrôler ces changements, aux formateurs de maîtres qui doivent les préparer et les aider. Notre travail se présente à eux comme une étude de niveau égal dans laquelle ils pourront trouver quelques réponses concrètes à leurs questions.

La seconde est que la recherche didactique, du moins en France, se présente encore dans un état infantile, avec un corps de chercheurs peu nombreux, une base empirique et théorique peu étendue, une méthodologie mal adaptée. Il n'est pas possible d'imaginer de présenter des résultats très partiels sous une forme qui rappellerait soit les modèles auxquels se conforment les recherches théoriques ou expérimentales actuelles en physique ou chimie, soit les modèles des recherches de sciences humaines comme la psychologie ou la sociologie.

Deux conséquences nous ont paru en découler. La première est d'enraciner au maximum les quelques questions qui font l'objet d'une investigation plus approfondie dans les problèmes réels et vécus de l'innovation et de la rénovat afin de procéder à un retour critique sur les solutions adoptées, avec analyse détaillée et extraction des principaux enseignements. La seconde est, autant que possible, de ne pas faire dépendre l'ensemble du travail d'un cadre théorique initial qui apparaît souvent dans ce nouveau domaine comme très abstrait et bien éloigné des problèmes réels, et donc de limiter le nombre des référence préalables en épistémologie, sciences de l'éducation et pédagogie, pour ne les introduire qu'au fur et à mesure des besoins de l'analyse et de l'argumentation

Dans cette perspective, l'étude des objectifs de quelques exemples de rénovation français et étrangers, l'analyse des trois cas d'innovation dans lesquels nous avons été nous même impliqué, l'essai d'évaluation concrète effectu sur les objectifs d'un de ces projets, au delà de la diversité apparente des situations, des questions et des leçons tirées, nous semblent présenter une unité et une homogénéité dont la conclusion dégage brièvement les traits les plus saillants.

nécessité d'une synthèse

Mais ce parti-pris de progressivité dans la présentation masque certaines conditions de notre recherche, et surtout certaines de ses significations. En réduisant délibéremment l'écart perceptible entre les actions de rénovation , incarnées dans des essais d'enseignements nouveaux, et la recherche effectuée à leur propos, en donnant à l'exposé une forme qui le rapproche d'un rapport sur ces essais, il y a grand risque de ne pas faire appréhender l'élaboration

scientifique, pédagogique et méthodologique sans laquelle notre travail aurait été inconcevable.

Un tel arrière-plan est présent dans toute recherche, quel que soit son domaine ; mais dans une discipline bien établie, il fait partie des bases admises et connues sur lesquelles il n'y a pas à revenir à tout propos. Ici, à partir d'éléments présents dès le départ sous forme intuitive ou très générale, nous avons dû progressivement synthétiser, expliciter et élaborer tout un ensemble de cadres théoriques et méthodologiques qui ont été réinvestis dans les actions d'innovation elles-mêmes, mais que nous avons très largement écartés au stade de l'exposé. Il nous semblait en effet impossible de les expliciter pour eux-mêmes, systématiquement, sans bouleverser l'équilibre de notre contribution.

Par contre, il apparaît maintenant possible et utile de dresser une esquisse de ces divers aspects, en faisant ainsi mieux ressortir la signification que nous donnons à notre travail. Nous pensons que cette synthèse restera en même temps accessible, c'est-à-dire suffisamment évocatrice par ses illustrations ou ses analogies, assez fidèle pour ne pas transformer les problèmes de la recherche en substituts de vulgarisation, et cependant fondamentale, sans reprendre pour autant l'étude générale des références utilisées ou consultées. Après avoir tenté de "prouver le mouvement en marchant", nous voulons mieux le "représenter".

Nous examinerons d'abord dans cet esprit le contexte et les problèmes de la recherche, c'est-à-dire les conditions qui permettent d'en comprendre les questions et les démarches. Puis nous dégagerons ce que nous pensons apporter à l'enseignement et à la recherche, ainsi que les prolongements possibles.

CONTEXTE ET PROBLEMES DE LA RECHERCHE.

La recherche en didactique des sciences et techniques en est à ses premiers développements. Ses objets, ses notions, ses méthodes et ses produits sont donc en évolution rapide, l'exploration abordant de multiples problèmes. Si l'on peut voir se dessiner quelques domaines et démarches privilégiés, il n'est pas possible d'en fixer dès maintenant les caractéristiques pour l'avenir. Dans ces conditions, une recherche ne s'inscrit pas forcément d'abord dans une lignée commandée par les sujets d'étude ou les techniques, mais se trouve insérée dans un réseau de besoins et de préoccupations beaucoup plus vaste, qui va de la réflexion sur la science aux innovations dans son enseignement. Il nous paraît donc nécessaire d'examiner de ce point de vue les circonstances qui conditionnent notre propre travail.

A - recherche didactique et rénovation des enseignements.

a) la rénovation des contenus.

Dans les années 70, un important mouvement de rénovation de l'enseignement des sciences physiques et de la technologie a touché les lycées, les collèges et l'école primaire. Il s'est traduit par la modernisation et la refonte des contenus enseignés et l'introduction beaucoup plus précoce d'une initiation scientifique et technique, dès le Cycle Préparatoire sous forme d'activités d'éveil, et en 6ème et 5ème, avec les sciences physiques.

buts et causes de la rénovation

A cette occasion ont dû être réunis les efforts de nombreux universitaires, inspecteurs et enseignants de tous niveaux. Nous avons pu collaborer aux travaux de deux organismes chargés d'étudier comment réaliser ces innovations pour l'enseignement obligatoire en France. Le premier est le Groupe de Travail premier cycle de la Commission Lagarrigue, qui s'est occupé de l'initiation aux sciences et techniques dans les collèges. Le second est la Section Sciences de l'Institut National de Recherche Pédagogique qui s'est occupée de l'introduction des activités d'éveil scientifiques à l'école primaire. Dans les deux cas, il s'agissait pour nous de concevoir des sujets d'étude pour la classe dans le domaine des sciences physiques, de préparer et coordonner des essais dans les écoles, de mettre au point des méthodes pédagogiques nouvelles adaptées à de jeunes élèves.

Les causes de cet effort de rénovation sont diverses. On peut citer parmi les plus importantes, à l'extérieur du système éducatif, les progrès rapides des sciences et des techniques ; ainsi, les aspects politiques de la conquête de l'espace (le lancement du spoutnik a été ressenti comme un signal d'alarme), l'inadaptation des formations aux changements de l'industrie et des activités économiques, l'aspiration à pouvoir intervenir dans des choix (énergie,

environnement, ...), la réaction contre certaines tendances irrationalistes ou antiscientifiques ont posé de manière très forte la question d'une culture scientifique de masse à la fois accessible et moderne. A l'intérieur même de l'école, et en particulier des collèges en croissance rapide, le passage au premier plan de l'échec scolaire et de l'orientation des enfants qui s'appuie sur elle, l'incapacité à maintenir des formes d'enseignement anciennes que les élèves refusent et que les maîtres ne peuvent plus assumer, la volonté de rationaliser l'action pédagogique pour lui redonner une efficacité économique et culturelle, posent aussi aux disciplines la question de leur renouvellement. Examiner les essais et recherches en dehors de ces contraintes externes et internes à l'institution serait une erreur profonde.

diversité des solutions apportées

Les solutions proposées en France et dans le monde sont très diverses, comme les démarches mêmes de la rénovation. Selon les pays, et en réaction contre la situation dont ils héritaient, selon les tendances pédagogiques, on a vu se développer des projets d'enseignements très complets sur le modèle de l'enseignement programmé, ou au contraire extrêmement ouverts ; le rôle des enseignants a pu être très passif, tout étant conçu, préparé et essayé par des équipes centrales, souvent universitaires ou ministérielles, ou au contraire déterminant dans le choix des sujets et des buts, la production des manuels..., une simple orientation générale leur étant fournie avec une aide théorique légère.

Dans la première partie de notre travail, nous situons les différents aspects de la rénovation de l'enseignement des sciences physiques en France pour l'école primaire et les collèges en les comparant aux grandes tendances internationales, en particulier telles qu'elles apparaissent dans des projets anglais et allemands. A ces niveaux de l'enseignement un débat fondamental émerge de cette étude, révélant deux buts très différents de l'initiation scientifique : développer la personnalité des enfants à travers des activités scientifiques (comme dans Sciences de 5 à 13 ans pour l'Angleterre) ou réaliser une première formation scientifique pour acquérir des connaissances précises (comme dans les unités de physique pour l'école moyenne conçues à Kiel en Allemagne). Ces deux tendances plus ou moins compatibles se retrouvent dans les propositions du Groupe de travail de la Commission Lagarrigue, par exemple les "modules" d'initiation aux sciences et techniques en 4ème et 3ème (astronomie, chimie, électronique, photographie, polymères, automatismes, techniques de fabrication). La volonté d'en faire la synthèse est à la base des travaux et publications de la Section Sciences de l' INRP, comme le N° 74 de la collection Recherches Pédagogiques (initiation physique et technologique à l'école élémentaire) dont nous avons assuré la coordination. Si certaines parties de notre travail semblent éloignées d'une telle question , comme l'étude sur la notion d'élément chimique, elle est demeurée pour nous une préoccupation

essentielle et constante, impossible à laisser de côté si l'on veut travailler à ce niveau.

ntérêt
e la
otion d'
bjectif

Mais l'existence même de ces deux tendances impose de prendre en compte à la fois des aspects pédagogiques, ou même psychologiques et sociologiques, et les contenus scientifiques, lorsqu'on propose une initiation scientifique pour des enfants que les professeurs de sciences, et spécialement les physiciens, n'ont pas l'habitude d'avoir devant eux. En effet, les enseignants de lycée ou d'université raisonnent surtout en termes de programmes : quels sont les sujets d'étude ? les notions principales ? les enchaînements de l'exposé ? Ici, il est nécessaire de s'interroger beaucoup plus concrètement : qu'est-ce que les enfants vont faire ? sur quels problèmes vont-ils travailler avec quels appareils ? selon quels raisonnements ? sur quelles connaissances vont-ils déboucher ? comment pourront être formulées ces connaissances ? qu'est-ce qui va changer dans leurs attitudes vis à vis du monde physique ?

Autrement dit, il faut pouvoir exprimer de manière précise et objective ce que les enfants devront être capables de faire après l'enseignement, pour se le représenter d'abord et le communiquer ensuite. C'est beaucoup plus exigeant que de répondre à la question : qu'est-ce que le maître va leur dire ? C'est un point de vue nouveau, qui déplace l'attention du maître vers l'élève, et du sujet d'étude, avec ses présentations habituelles (manuels, cours...), vers les capacités qu'on cherche à développer. Ce point de vue n'est autre que celui des objectifs pédagogiques, développé par ailleurs pour d'autres raisons dans le cadre des sciences de l'éducation, de la rationalisation des examens, et surtout de l'enseignement programmé et de la formation professionnelle ou continue. Bien que ces contextes divers soient étrangers aux options des activités d'éveil et de l'initiation aux sciences et techniques, la question des objectifs apparaît donc comme centrale. Une des tâches que nous avons assumées ayant été de proposer des objectifs pour l'initiation aux sciences et techniques dans différents domaines accessibles à l'école primaire et au collège, nous avons choisi d'en tirer les enseignements en consacrant notre travail de recherche à l'étude de différents aspects de leur mise au point.

Mais si le point de vue des objectifs apparaît comme un besoin dans une action de rénovation approfondie, il côtoie ce qu'il faut bien appeler la "mode des objectifs", qui consiste à aborder tous les problèmes de contenus pédagogiques dans un langage nouveau qui masque difficilement et redouble souvent un fond inchangé. Nous avons voulu "prendre au sérieux" l'idée d'objectif, c'est à dire chercher en quoi ce langage ou ce point de vue peuvent apporter à la pratique de la classe quelque chose d'original et d'irremplaçable. D'où les questions qui se sont posées à nous : quel rôle pour les objec-

tifs ? comment les déterminer ? quelle forme leur donner pour qu'ils soient réellement utilisables par les maîtres ? D'où aussi l'ambition que traduit le titre de notre travail : rendre explicites et générales les leçons tirées d'essais concrets, et apprécier objectivement la possibilité d'appliquer nos propositions.

On peut penser que ces questions ne relèvent que de l'innovation pratique, ou de l'expertise de "spécialistes". Mais les physiciens ont des exemples à méditer : le blocage de la réforme du français, le dérapage de la réforme des mathématiques, montrent qu'on ne s'entoure jamais assez de précautions suffisantes. Parmi celles-ci, certaines relèvent de la recherche, pour synthétiser les différents aspects, ouvrir des possibilités nouvelles, décrire objectivement les transformations, évaluer et prévoir les effets, transmettre les connaissances acquises. Un élément important du contexte de notre travail est donc la naissance des recherches didactiques.

b) la constitution des didactiques.

L'éducation est peut être le dernier grand secteur d'activité à ressentir le besoin de la recherche pour son développement et même sa survie. Il y a longtemps que l' "art militaire", la médecine, les industries, l'agriculture, etc, ont compris cette nécessité, constitué et financé un potentiel de recherche avec lequel ils entretiennent des rapports souvent étroits, amassé des connaissances et trouvé des méthodes spécifiques ; qu'on songe par exemple à l'extension de la recherche agronomique, qui a fait augmenter de manière prodigieuse la productivité agricole et à qui nous devons d'ailleurs certaines méthodes de comparaison statistique.

sciences de l'éducation et "sciences pour l'enseignement"

En France, les recherches sur l'éducation restent sous-développées. Les "sciences de l'éducation", qui ne sont assez souvent que la juxtaposition de disciplines traditionnelles (psychologie, sociologie, économie, histoire, philosophie) s'intéressant à un objet trop longtemps négligé, sont de création récente et fragile. Surtout, elles ne répondent pas totalement et directement au besoin de recherches pour l'enseignement que les crises du système éducatif et les actions de rénovation, appellent de manière urgente. Parmi ces recherches pour l'enseignement, qu'on peut qualifier de recherches pédagogiques, la rénovation des disciplines scolaires exige des études approfondies et concrètes pour améliorer les contenus et les méthodes, et constituer des didactiques de ces disciplines (ou des méthodologies, comme on dit souvent à l'étranger) moins doctrinales et plus expérimentales .

La recherche en didactique des sciences physiques rentre dans ce cadre.

Il ne s'agit donc pas de science appliquée au sens où ce serait simplement de la physique ou de la psychologie appliquées à l'enseignement. L'analogie la meilleure consiste à la penser à l'instar des sciences pour l'ingénieur, telles qu'elles sont maintenant reconnues dans les Instituts de recherches ou à l' Université. Dans notre cas, il s'agit de sciences physiques pour l'enseignement, qui sont construites peu à peu par des physiciens à partir des sciences physiques fondamentales et appliquées et en fonction des contraintes imposées par l'école, par l'enfant, par les maîtres, par les finalités de l'éducation, comme les sciences pour l'ingénieur ont à tenir compte des contraintes de la production, dans leurs concepts, dans leurs méthodes et dans leurs sujets de recherche.

Un exemple tiré de notre travail sur les activités d'éveil illustrera ce que nous entendons par "physique pour l'enseignement". Au cycle Préparatoire, un enfant de 6 ans sait peu de chose sur l'évaporation de l'eau ; c'est un succès, à cet âge, de lui permettre de comprendre après des activités scolaires diverses que du linge qui sèche ne subit pas la même transformation que l'eau qui s'évapore ; lorsqu'il a assimilé la distinction, il est facile de lui faire employer des mots différents (au départ il dit et pense que l'eau "sèche") ; ce peut donc être un objectif du cycle préparatoire que de l'amener à cette distinction. Or le savoir sur lequel on débouche ne fait pas partie de la "physique" telle qu'on l'imagine d'après son histoire et son état présent ; mais il doit être exploré, formulé, maîtrisé totalement à ce niveau par la maîtresse de la classe : cette "physique pour le maître", il faut la construire de manière systématique et rigoureuse. Plus que de physique appliquée ou même applicable, très différente d'une psychologie de la connaissance du monde physique chez les enfants, même si elle doit en utiliser les données, il s'agit d'une physique particulière qui s'élabore en s'investissant dans l'enseignement ; on pourrait parler d'une physique "impliquée" dans l'enseignement.

L'expérience des modules d'initiation aux sciences et techniques du Groupe de Travail de la Commission Lagarrigue montre le même besoin de développer des recherches pour construire la science pour l'enseignement, à un autre niveau de formation. Proposer des contenus originaux et modernes, se libérer du dogmatisme (celui qui impose de ne "dire aux enfants que des choses qui ne seront jamais remises en question"), explorer des cheminements nouveaux (sans croire à l'existence d'une "voie royale"), impose que les essais puissent être discutés, analysés de manière rationnelle. Il faut expliciter les buts dans une forme qui permette la communication, préciser ce qu'on doit pouvoir observer, être prêt, soit à l'avance par des études préalables objectives et approfondies, soit en cours d'essai, à déceler les difficultés des

enfants ou des maîtres, mettre sur pieds un dispositif pour apprécier les résultats et prédire des évolutions ultérieures. Ces tâches demandent des moyens intellectuels et matériels, présentent des exigences de généralité et d'objectivité qui sont celles de toute recherche : elles sont de la recherche. Et l'histoire récente de l'apparition des recherches didactiques montre que ce sont ces tâches qui ont déterminé de petits groupes de scientifiques à "faire le saut" pour fonder des équipes de recherche didactique et former des chercheurs (enseignements de 3ème cycle).

niveaux de décision et types de recherches

Ce que nous venons de retracer très rapidement implique que dans la période présente, la recherche en didactique des sciences physiques est d'abord une affaire de physique et donc de physiciens, qui sont les seuls à pouvoir prendre les décisions sur les contenus de l'enseignement. Cela implique aussi que ce travail demande une prise en compte très large de toutes les composantes des sciences physiques fondamentales et appliquées, de leur épistémologie. Mais cela implique encore qu'il faut y intégrer la connaissance du système scolaire (institutions, enfants, maîtres), des doctrines et finalités de l'éducation, et donc synthétiser les apports de sciences et de savoirs multiples qui examinent ces aspects chacun avec son propre point de vue partiel.

Enfin, on conçoit qu'il puisse exister des types très différents de recherche didactique selon les niveaux de décision et d'action auxquels se rattachent les problèmes abordés. S'interroger sur l'efficacité d'une leçon sur l'effet photoélectrique et comparer différentes façons de l'aborder n'est pas du même ordre que préparer en fonction d'une série de buts et de contraintes un programme annuel pour la 6ème, ou chercher à améliorer l'enseignement de la dynamique en déterminant de manière approfondie les difficultés de compréhension des élèves de terminale. Nous ne voyons pas de raisons pour privilégier certains types, alors que les besoins de rationalisatio de description objective,existent à tous les niveaux, même s'il est plus difficile à première vue de contrôler l'application d'un programme que la mise en oeuvre d'une leçon.

Dans notre cas, nous avons dû prendre des responsabilités pour faire des propositions à des niveaux qui relèvent d'habitude de l'opinion. Notre volonté de chercheur a donc été d'en donner des justifications détaillées, en montrant d'autres possibilités et en évaluant les résultats : l'essai du module d'initiation aux techniques de fabrication en 4ème est un exemple privilégié de mise en oeuvre d'une telle préoccupation.

B - buts et méthodes d'investigation.

a) origine et nature des problèmes.

rendre les objectifs utilisables

Dans la première partie de notre travail, après avoir examiné comment intervenaient les objectifs dans des projets de rénovation français et étrangers, nous avons cherché à préciser les caractéristiques qui permettraient de rendre utile aux maîtres et maniable par eux un tableau des objectifs pour un projet d'enseignement de l'ordre du trimestre. Au delà de la mode des "pédagogie par objectifs" et du "langage des objectifs" qui ne pénètrent pas réellement l'enseignement (sauf dans les essais de programmation, liés ou non à l'emploi d'ordinateurs), nous souhaitions trouver comment faire des objectifs un instrument utilisable : une condition essentielle pour cela est qu'ils soient peu nombreux. Notre proposition consiste à exprimer en termes d'ojectifs certaines capacités ou attitudes que l'on cherche à développer et qui correspondent à un moment donné à des difficultés (obstacles) que les élèves peuvent franchir : ainsi la distinction objet/substance qui permet aux enfants du CP de comprendre que si le linge sèche, l'eau s'évapore .

Une telle conception est compatible avec la démarche pédagogique très ouverte des activités d'éveil, où les sujets d'étude ne sont pas imposés, comme avec un enseignement traditionnel, car elle permet au maître d'orienter sa préparation et d' aider les élèves de manière beaucoup plus précise sans brimer l'autonomie des enfants. Associant la connaissance des obstacles et la définition des compétences visées, cette conception est à l'arrière-plan des études que nous présentons dans la 2ème et la 3ème partie de notre travail, parcequ'elles nous ont paru typiques, par les problèmes qu'elles ont posés, et les enseignements qu'on peut en tirer. Ces études s'appuient sur trois exemples d'innovation pour l'initiation aux sciences et techniques dans les collèges.

initiation aux techniques de fabrication

Le premier exemple est une tentative volontaire d'introduction aux techniques de fabrication mécaniques en 4ème. L'idée centrale était de faire construire en classe par les élèves des objets assez complexes comme un compresseur à membrane ou un moteur électrique. Pour cela, les élèves disposaient de petites machines-outils transformables (tour, perceuse, fraiseuse ...), et de dessins et documents pour la fabrication. Le but était de faire connaître les grands modes de fabrication (usinage, pliage, fonderie...), de se représenter et de comprendre le fonctionnement des machines, d'aborder des problèmes scientifiques (matériaux, géométrie...) ou industriels.

Pour que ce type d'activité puisse contribuer à la culture générale

des élèves, ou à leur orientation scolaire, qui en sont la justification, il faut pouvoir contrôler les écarts entre ce qui se fait en classe et dans le monde industriel. Il ne s'agit pas d'annuler ces écarts (il n'y aurait plus besoin d'école !) mais de les analyser en détail afin de pouvoir faire des choix rationnels. En effet, objet à fabriquer, matériel, matériaux, documents, types d'activités, etc... doivent donner une image réaliste de l'industrie. Nous avons donc été conduit à effectuer une comparaison systématique entre la situation scolaire et les pratiques industrielles.

Cette comparaison est la base pour une présentation des objectifs de ce projet et pour une analyse de la cohérence entre ceux-ci, les activités, et les moyens proposés. Le tableau des objectifs qui a été rédigé avec les maîtres qui ont eu la charge d'essayer dans les classes cette initiation, est donné dans la 3ème partie de notre travail, avec son évolution et ses justifications.

la notion d'élément chimique

Le second exemple d'innovation trouve son origine dans les difficultés des professeurs pour enseigner la notion d'élément chimique en 5ème. C'est une situation assez typique de la recherche didactique, où l'institution prend des décisions sans que les conditions de réalisation en soient assurées ; la recherche est alors nécessaire pour les faire passer dans les faits (ou les critiquer).

Ici, le prog ramme officiel impose la notion d'élément sans l'aide du modèle atomique, à un niveau uniquement qualitatif, avec quelques réactions chimiques bien précises à montrer dans les expériences. Au moment où ce programme est sorti, aucun maître ne savait comment définir dans ces conditions l'élément chimique. La réponse n'existait ni dans les manuels de chimie de niveau supérieur, ni dans l'histoire des sciences (on pourrait penser que ce niveau "qualitatif" correspond à un moment du développement des connaissances). Elle devait donc être élaborée.

Un tel travail est une contribution à la définition de l'objectif de connaissance fondamental du programme de 5ème. On peut remarquer à ce propos que l'élaboration de l'objectif est indissociable de celle du contenu dont elle n'est qu'un aspect, et que les programmes sont toujours très insuffisants pour apporter une réponse.

la notion de dureté des matériaux

Enfin, le troisième exemple d'innovation est un essai d'activités sur la dureté des matériaux en 6ème. De manière assez paradoxale, la propriété de dureté est complexe pour le physicien qui a tendance à s'en

désintéresser, (malgré le renouveau des travaux sur la plasticité), mais elle est utile au mécanicien, et se révèle très facilement accessible aux enfants. La question que nous nous sommes posée ici est la suivante : si l'on cherche à laisser aux enfants le maximum d'initiative pour inventer des dispositifs, comparer les matériaux entre eux, formuler leurs résultats (comme dans un thème d'étude des activités d'éveil), comment le maître pourra-t-il aider les enfants à progresser vers une idée objective de la dureté ?

On pourrait penser que le mieux est de donner une définition, comme pour la notion d'élément chimique. Mais il y en a de nombreuses donnant des résultats voisins mais différents selon les méthodes de comparaison utilisées (c'est pour celà que nous avons choisi ce sujet !) ; et guider sur une définition figée irait d'autre part à l'encontre d'une démarche pédagogique favorisant l'autonomie des enfants. Nous avons cherché à faire apparaître les difficultés de la notion de dureté : ici encore notre but est de formuler de la manière la mieux adaptée aux contraintes, la plus précise et la plus efficace, les objectifs à atteindre. On constate alors que cette formulation dépend des démarches pédagogiques choisies.

évaluation d'un tableau d'objectifs

A la suite de ces trois études d'exemples privilégiés, la troisième partie de notre travail est une tentative pour savoir si le "module" d'initiation aux techniques de fabrication dont nous venons d'évoquer précèdemment les grandes lignes a été enseigné conformément aux intentions initiales lors des essais en classes. D'habitude, dans les "expérimentations pédagogiques", on confie l'évaluation à des experts qui donnent leur opinion ; et on détermine par des tests les compétences des élèves à la suite de l'enseignement. Mais nous nous sommes posé une autre question : si on a conscience que toute réussite d'une rénovation dépend d'abord des maîtres, si plus généralement on veut s'appuyer sur leur capacité d'innovation et leur initiative, il faut d'abord chercher à savoir ce qu'ils font vraiment, ce qu'ils disent, comment ils reprennent, rejettent ou transforment ce qui leur est proposé.

Compte tenu de notre intérêt particulier pour les objectifs, nous avons surtout voulu savoir comment le tableau des objectifs a été utilisé, comment les maîtres acceptent le point de vue des objectifs dans leur action (préparation des activités, interventions en classe, observation et jugement des élèves). Nous avons aussi voulu voir si la conception des objectifs fondés sur les difficultés que les élèves ont à franchir passait l'épreuve de la pratique.

A partir de cette brève revue des problèmes de recherche que nous avons essayé de résoudre, on peut constater une unité d'intention qui se situe d'abord dans la volonté de partir des questions issues de la pratique de rénovation, ensuite dans la préoccupation de relier ces questions à des composantes générales de la construction d'une "science pour les maîtres" et enfin dans la décision de privilégier le point de vue des objectifs, mais en tenant compte de tous les aspects scientifiques et psychopédagogiques éventuellement présents dans les situations.

b) principes et démarches de travail.

une recherche-action

Par ses problèmes et sa manière de les aborder, notre travail se situe évidemment du côté des "recherches-actions", c'est-à-dire de recherches qui s'articulent de manière très étroite avec des actions d'innovation ou de formation des maîtres. Nous avons d'ailleurs tenu à présenter en annexes de manière très complète les productions qui en sont l'aboutissement (extraits de publications), ou les comptes rendus qui décrivent le déroulement et les conclusions d'essais de rénovation. Il nous semble en effet important de pouvoir "juger sur pièces" l' enracinement de la recherche dans la pratique et son apport à celle-ci.

Dire que notre travail appartient au genre des recherches-actions, c'est souligner qu'il se présente comme un ensemble d'études de cas. Sans doute existe-t-il d'autres types de recherches, et dès qu'une masse de données empiriques suffisante sur les problèmes analogues à ceux que nous avons affrontés aura été accumulée, il deviendra possible et souhaitable de mener des études comparatives ou même expérimentales et de faire progresser l'élaboration théorique. Mais il ne semble pas que nous en soyons à un tel stade. Or nous ne voulons pas nous limiter à améliorer un enseignement traditionnel d'exposition des connaissances, peu soucieux de favoriser l'initiative des maîtres mais plus simple à étudier.

la double signification des résultats

Notre ambition est avant tout de chercher une adéquation entre les problèmes posés par l'innovation sans en pervertir les orientations pédagogiques, et les démarches de l'investigation sans en atténuer la rigueur scientifique. C'est pourquoi notre travail n'est pas seulement un rapport sur quelques cas, même typiques. Il se veut aussi une recherche, de deux façons complémentaires. La première repose sur la double signification des réponses que nous apportons. On peut certes les interprèter comme des propositions concrètes, étayées sur des enquêtes plus ou moins approfondies, mais qui ne sont que des orientations de principe mieux explicitées de l'action d'innovation. Ainsi apparaissent la description des contenus ou

le tableau des objectifs de l'initiation aux techniques de fabrication, le projet sur la dureté des matériaux ou l'analyse de la notion d'élément. Mais on peut les interprèter aussi comme des énoncés abstraits et réfutables, selon un tout autre point de vue : "si les contraintes sont les suivantes, alors il est possible d'enseigner telle notion, mais à certaines conditions..." . Par exemple : "si les réactions chimiques disponibles sont limitées à une liste définie, si les raisonnements sont du type qualitatif, si avant les élèves ont pu comprendre les changements d'état physique des substances, alors il est possible de présenter sans incohérence la notion d'élément chimique de la manière suivante ...".

La démarche est alors très différente : la proposition n'est pas unique, mais insérée dans un ensemble de possibles, les méthodes d'analyse sont beaucoup plus générales et tendent vers une certaine formalisation (ici l'analyse de la matière qu'on pourrait aussi appeler "épistémologie appliquée"). Rien n'empêche, par exemple, d'étendre à l'analyse des contraintes et des possibilités du modèle atomique, s'il faisait partie du programme de 5ème, ce que nous avons fait pour l'élément chimique, en particulier l'utilisation des apports de la linguistique à l'étude des modes de représentation des réactions chimiques. On voit qu'une telle démarche est inséparable d'une élaboration théorique que nous présentons dans les "généralisations" qui suivent chaque étude de cas. On voit aussi le rôle que peuvent jouer des contraintes extérieures en tant que "paramètres" ou "hypothèses" dans la recherche elle-même.

exigence de démarches objectives

Par ailleurs, notre travail se veut une recherche d'une autre façon, qui est l'exigence de le fonder sur des données objectives et non des impressions personnelles. Prenons d'abord pour l'illustrer l'exemple du projet sur la notion de dureté ; cette exigence nous a conduit à analyser la notion du point de vue scientifique actuel, à examiner ses difficultés telles qu'elles ressortent de son histoire laborieuse de deux siècles, puis à déterminer, en classe d'une part, par entretiens individuels d'autre part, comment la question se présente aux enfants. Cette démarche de "détour" pour répondre au problème, et de "recoupement de multiples points de vue ", est trop négligée dans l'innovation : elle marque une différence spécifique à la recherche.

Ensuite nous avons cherché à évaluer de la manière la plus complète la validité de nos propositions sur les objectifs. Cela nous a conduit à une étude très détaillée d'un essai de rénovation, au moyen d'instruments

construits pour cela, en confrontant les données obtenues de manière diverses. Ici encore il y a un détour important par rapport aux "évaluations" habituelles. Mais nous avons pu ainsi valider nos propositions et surtout en apprécier les limites, détecter les "points faibles" de notre projet, ceux qui risquent de céder lors d'une éventuelle généralisation. La mise en oeuvre d'une évaluation de type nouveau nous semble une autre caractéristique essentielle à une véritable recherche.

Nous savons combien les recherches-actions sont souvent critiquables, et critiquées. Mais elles nous paraissent irremplaçables dans des cas comme ceux que nous avons étudiés ; et nous pensons avoir contribué dans la mesure de nos moyens à les rendre plus scientifiques. Il reste à faire maintenant un bilan des acquis obtenus.

BILAN DES ACQUIS ET PERSPECTIVES ACTUELLES.

A - propositions pour l'enseignement et la recherche.

productions de l'innovation

Nous avons suffisamment insisté sur le caractère de recherche-action donné à notre travail pour ne pas avoir à revenir longuement sur les productions et actions concrètes qui l'ont accompagné. Les deux essais de projets d'enseignement, en particulier celui d'initiation aux techniques de fabrication, ont conduit à des choix de matériels, et surtout à la rédaction de nombreux documents pour les élèves et pour les maîtres : nous en donnons quelques-uns en annexe. Les premiers pas de notre travail ont orienté leur mise au point, et en retour, son achèvement s'appuie sur eux. De même, les grandes lignes de l'analyse des possibilités de définition de la notion d'élément chimique compte tenu des contraintes imposées par le programme de 5ème se retrouvent dans les textes des manuels pour les élèves et les maîtres édités par notre laboratoire, et dont nous donnons aussi des extraits en annexe .

Mais les apports de la recherche, s'ils conduisent à ce type d'applications qu'on ne peut négliger car ils sont un critère de fécondité, se situent avant tout sur d'autres plans. Nous les examinerons en insistant plus particulièrement, de manière peut être un peu artificielle, sur les domaines de la formation des maîtres, de la rénovation des contenus et de la recherche didactique.

a) matériaux pour la formation des maîtres.

remarque sur l'utilisation des publications de recherche

Nous voulons faire au préalable une remarque ; on pose souvent la question : à qui s'adressent des publications de recherche en didactique ? A ce propos les chercheurs sont souvent sommés de satisfaire à des exigences contradictoires : être lisibles par n'importe quel enseignant, et être au niveau "international". Les raisons pour lesquelles nous avons d'abord cherché à être "lisible " ont été données au début de cet essai de synthèse, avec leurs conséquences. Mais par qui un tel travail est-il lisible ? L'expérience montre qu'un enseignant isolé, sauf cas exceptionnel d'innovateur ou de "chercheur qui s'ignore", n'est pas capable de "pénétrer" dans une recherche avec sa manière de poser les problèmes, son minimum d'abstractions, de références, de techniques. Aussi les publications sont-elles destinées avant tout aux autres chercheurs d'abord, ou à des groupes qui ont le temps et les moyens de les étudier, c'est à dire soit des équipes d'innovation, soit des groupes de formation initiale et continue.

C'est le cas typique du numéro 74 de la collection Recherches Pédagogiques,consacré à l'initiation physique et technologique à l'école primaire : il a été utilisé dans les écoles normales pour les stages d'élèves-instituteurs et de "recyclage". Le tableau des objectifs, qui figure en annexe de notre travail et dont nous avons retracé la genèse et les idées principales dans la première partie, a été un document de base pour inventorier avec les stagiaires de façon systématique, les buts possibles d'une initiation, les niveaux des acquisitions, les domaines d'étude ; en bref, pour construire une image des contenus selon l'esprit nouveau des activités d'éveil.

un exemple de "science pour l'enseignement"

L'étude sur la définition de l'élément chimique en 5ème est un exemple d'approfondissement nécessaire de telles propositions sur un sujet précis. Avec les réactions chimiques sur lesquelles les élèves doivent manipuler, l'interdiction faite par le programme d'aborder les lois pondérales de ces réactions et de les décrire par un modèle atomique, une définition reste possible : à chaque corps simple correspond un élément, qui est ce qui se conserve dans la réaction chimique. Bien entendu, des reformulations s'avèreront nécessaires par la suite, et nous esquissons celles qui s'inscrivent dans la logique des programmes ultérieurs de 4ème et 3ème.

Mais une définition n'a jamais suffit à faire un savoir ; notre étude montre comment la notion peut "fonctionner" au niveau de la 5ème : que permet-elle d'affirmer, ou nier, à propos des corps et de leurs réactions ? Comment se rattache-t-elle à l'idée de conservation de la substance dans les changements d'états physiques ? Comment peut-on symboliser les éléments, quels sont les rapports entre les nomsd'éléments et les symboles, quelles sont les relations entre les "manipulations" qu'on peut exécuter sur eux et les propriétés des réactions chimiques ? Pour y répondre, nous analysons l'ensemble du "système opératoire" fondé sur le concept d'élément, à ce niveau de l'initiation. Une telle contribution à la "science" nécessaire au maître de 5ème a été effectivement utilisée lors de séances de "recyclage".

Mais la situation de l'élément chimique est assez particulière, à la fois dépendante de choix extérieurs, mais permettant une élaboration a priori, sans contact avec les élèves (il resterait à évaluer les résultats de cette initiation !). Par contre l'étude de l'essai sur la notion de dureté apporte à la formation, à propos d'un sujet très simple, des suggestions générales pour une démarche d'analyse. Nous avons en effet essayé

un exemple de démarche d'analyse

de rassembler ici la plupart des points de vue utilisables pour éclairer la connaissance des difficultés du sujet, la prise de décision sur les démarches pédagogiques et les contenus enseignés, les interrelations complexes entre tous les aspects de l'action didactique envisagée. Nous y appliquons aussi les idées sur les objectifs dégagées au cours même de notre travail (comparaison avec des pratiques réelles, relations entre notions et manipulations, rattachement des objectifs aux obstacles).

C'est ainsi que nous montrons l'apport de l'histoire des sciences et de l'étude des différentes élaborations conceptuelles ou imaginaires, par exemples poétiques, à la représentation qu'un maître doit avoir pour interpréter ce que font et disent les enfants et guider leur travail. Nous donnons les premiers résultats sur les idées et les images que les enfants eux mêmes se font de la dureté, obtenus soit par entretiens individuels, soit par enregistrements de discussions en classe. Nous explicitons les raisons de choix pédagogiques a priori : démarche où les enfants doivent chercher au maximum par eux-mêmes les réponses à un problème, accent mis sur les difficultés du mesurage et de la comparaison. Nous analysons les conséquences que tous ces aspects ont sur la formulation d'un objectif de connaissance correspondant à la dureté : abandonnant une définition préalable, il apparaît que l'objectif principal se situe dans la distinction pour un objet entre propriétés liées à la forme et propriétés liées à la substance, et entre problème de dureté et problème de fragilité.

Mais à ce stade, nous avons dépassé la présentation de matériaux pour la formation des maîtres ; il s'agit déjà de propositions pour la rénovation des contenus.

b) principes pour la rénovation des contenus.

Au fond, c'est sur ce plan que se situent les grands problèmes de notre travail, et la démarche adoptée pour en exposer les résultats. Les propositions essentielles ont donc été déjà explicitement tirées dans les conclusions partielles de chaque partie. Nous les rappellerons ici sous la forme de six "principes".

idée de comparer à des pratiques de référence

Le premier a été développé à propos de l'essai d'initiation aux techniques de fabrication mécaniques et appliqué à l'essai sur la dureté. Il consiste à comparer de manière systématique les activités, les situations, les matériels avec leurs éléments correspondants dans des pratiques dont on veut donner à travers l'enseignement une image réaliste.

Nous avons appelé pratiques sociales de référence de tels termes de comparaison. Lors de décisions ou discussions sur les programmes scolaires, les interlocuteurs ont souvent à l'esprit, implicitement, l'image des pratiques qu'ils connaissent et tendent à privilégier (recherche scientifique, action politique, activités domestiques par exemple). En explicitant ces fondements, les choix de contenus, la reconnaissance des oppositions concret-abstrait seraient grandement clarifiés ; car ils ne sont pas absolus, mais relatifs à une pratique privilégiée.

assurer la cohérence entre connaissances et expérience

Le second, abordé à propos des notions d'élément chimique et de dureté, concerne les connaissances nécessaires aux maîtres (la "science pour l'enseignement") pour "faire la classe". Nous avons surtout insisté précédemment sur les caractères spécifiques de l'initiation scientifique à l'école primaire et au collège ; certains pensent d'ailleurs qu'il ne s'agit pas de science (physique, chimie ...) mais"d'éducation à la pensée rationnelle". En réalité on a pu facilement se rendre compte à propos des deux exemples cités que ce qui est en question est bien d'ordre scientifique : il s'agit dans une visée éducative à long terme d'expliciter et formuler un premier principe de conservation ou d'invariance (élément chimique), ou de mettre au point sur un cas complexe les éléments fondamentaux du mesurage et de la construction des grandeurs (dureté). Dans cet esprit, il est nécessaire de contrôler le mieux possible la cohérence entre le niveau de définition et de fonctionnement des concepts, le domaine de manipulation offert aux enfants, et les raisonnements qu'ils peuvent faire. Nous avons insisté tout particulièrement sur les rapports entre "niveau de formulation" du concept et "domaine d'investigation expérimentale" car leur compatibilité nous paraît être une condition pour la compréhension des élèves.

interdépendance entre contenus démarches et objectifs

Le troisième principe est une contestation des idées de la "pédagogie par objectifs". Il n'est pas question de refuser les objectifs eux-mêmes, avec tout ce que peut donner leur formulation précise et concrète , pour aider le travail des maîtres. Mais tout ne passe pas par eux ; il est illusoire de penser qu'il suffirait d'abord de les rédiger pour que tout en découle, sujets d'étude, types d'activité, style du maître, etc... Des choix de finalités générales, comme développer l'autonomie des enfants (essai sur la dureté, ou initiation aux techniques de fabrications), imposent des démarches pédagogiques avant les objectifs de connaissance ou de savoir faire : ceux-ci vont en dépendre, et il faut qu'il n'y ait pas de contradiction, comme nous avons pu en constater la possibilité lors de l'essai d'initiation aux techniques de fabrication. En réalité,

il y a interdépendance entre contenus, démarches et objectifs. Dans une action de rénovation il est donc nécessaire de prendre en compte ensemble toutes ces composantes de l'action didactique. On peut penser que les échecs de certaines réformes peuvent être attribués au fait qu'un élément a été étudié de manière isolée (par exemple le "programme") sans examen approfondi de ses relations avec les autres.

rattacher les objectifs aux obstacles de l'apprentissage

Si l'on se situe dans le cadre d'une telle conception, il importe de donner à chaque élément sa place. Le quatrième principe consiste à rattacher les objectifs aux difficultés ou obstacles que les élèves rencontrent et peuvent franchir à un niveau donné. C'est, nous semble-t-il, le seul moyen pour que les objectifs soient en petit nombre et donc utilisables par les maîtres, et c'est leur conférer une spécificité (par rapport aux programmes de sujets d'étude, aux descriptions d'activités en classe, aux prescriptions de méthodes....). Nous avons montré que c'était possible, avec l'évaluation de l'essai d'initiation aux techniques de fabrication.

distinction objectifs/ indicateurs d' évaluation

Mais la réduction du nombre d'objectifs et leur formulation assez générale obligent à abandonner l'idée qu'ils doivent décrire des comportements observables. Pour satisfaire les besoins du contrôle et de l'observation, le cinquième principe consiste à distinguer objectifs, qui orientent les décisions des maîtres, et indicateurs d'évaluation. Ces derniers sont au fond analogues aux objectifs "opérationnels" de la littérature anglosaxonne (introduits en France à travers le Québec et la Belgique) ; mais ils n'ont pas besoin d'être définis de manière aussi rigide et systématique. Ils sont les compléments indispensables des "objectifs-obstacles".

centrer l'évaluation sur l'action des maîtres

Enfin, le sixième principe affirme l'utilité d'une évaluation des projets de rénovation centrée sur le processus d'enseignement et en particulier le rôle des maîtres dans ce processus ; autant sinon plus qu'une évaluation sur les résultats des élèves elle peut donner des indications sur l'avenir. C'est une évidence si l'on veut faire jouer aux enseignants un rôle moteur dans l'innovation, et si on préconise des démarches où les enfants ont eux aussi un rôle actif dans la construction de leurs connaissances (ce qui était le cas des actions auxquelles nous avons participé). Mais nous pensons que l'intérêt est le même dans une pédagogie directive et centrée sur la discipline, car tous les enseignants transforment ce qu'ils font. Or un des rôles de l'évaluation est de détecter ces transformations,et les évolutions qu'elles entraînent.

Nous avons essayé de montrer l'apport d'une évaluation attentive à

ces aspects en orientant dans ce sens celle de l'essai d'initiation aux techniques de fabrication. Les "points de fragilité" du projet, d'où peuvent partir les dérives éventuelles, ont pu ainsi être mis en évidence. Ils correspondent à des tensions entre l'exigence de réaliser des objets et celle de prendre le temps de la réflexion, ou entre une approche globale d'initiation et le manque d'autonomie des élèves. On constate en effet que certains expérimentateurs ont eu tendance à se désintéresser des élèves qui travaillaient sur les fiches pour la réflexion technologique, car la surveillance du travail sur machine était trop absorbante ; quelques-uns ont introduit des apprentissages préalables non prévus (lecture de dessins techniques, traçages sur tôle, opérations élémentaires sur les machines).

Des administrateurs qui voudraient généraliser une telle initiation sont ainsi prévenus des points qui exigent une préparation importante des maîtres. A côté des problèmes d'entretien et de dépannage, l'organisation de la classe apparaît cruciale ; si elle n'est pas maîtrisée, il est impossible d'assurer le maintien d'une démarche d'approche globale, de favoriser l'autonomie et l'entraide des élèves, de maintenir l'équilibre entre les tâches de fabrication pratique et de réflexion technologique.

Avec ces propositions pour l'enseignement, peut-être sommes nous resté un peu prisonnier du contexte français, dans la manière de poser les problèmes et de formuler des solutions. A ce niveau, nous ne pensons pas que ce soit un défaut : les transferts exigent des adaptations profondes. Mais nous pensons que notre contribution peut dépasser ce contexte : nous souhaitons le montrer en dégageant ce qui nous paraît être son apport sur le plan de la recherche didactique.

c) éléments pour la didactique des sciences.

Nous ordonnerons la présentation des apports de notre travail sur ce plan en quatre ensembles qui concernent respectivement : la question des contraintes et des possibles dans les situations didactiques, l'élaboration de concepts pour la didactique, la mise au point de démarches d'investigation, les données de l'évaluation sur les objectifs.

contraintes et possibles dans les situations didactiques

Une différence fondamentale entre une recherche et une innovation porte sur l'explicitation la plus complète possible des contraintes et des possibilités, que la recherche s'efforce d'atteindre. Dans la réalité, les contraintes peuvent être d'origine très diverses : niveau de développement psychologique ou extension de l'expérience pratique des enfants, enseigne-

ment antérieur, matériel disponible, horaires, programme, compétences des maîtres, etc. Certaines limites peuvent être facilement modifiées, d'autres non ; mais elles existent toujours : cela justifie que nous ayons accepté de travailler sur la notion d'élément chimique dans le cadre du programme de 5ème, alors que beaucoup de physiciens peuvent penser que cela n'en vaut pas la peine. Mais nous avons aussi travaillé sur l'introduction d'un modèle atomique à cet âge : autres contraintes, autres difficultés. Dans chaque cas, ce qui importe est de dégager les possibles. L'exploration de ce"jeu " entre contraintes et possibles, dans les situations les plus variées, est une des voies nécessaires pour mieux comprendre les situations didactiques.

Avec l'analyse sur la notion d'élément chimique, nous avons présenté les possibles d'un point de vue épistémologique : quel concept peut-on construire dans les conditions imposées ? Il resterait à voir si le concept est effectivement accessible aux enfants et si les maîtres sont capables de faire un enseignement réussi. Ajouter un tel point de vue psychologique au point de vue épistémologique, c'est ce que nous avons fait à propos de la notion de dureté. Enfin, l'évaluation des objectifs de l'essai d'initiation aux techniques de fabrication a examiné si ceux ci étaient "pédagogiquement" possibles.

C'est l'ensemble des apports de ces différents points de vue sur les situations qui permet de préciser les objectifs "possibles" de celles-ci. Nous avons appelé caractérisation des objectifs l'élaboration qui associe à cette clarification des possibles le choix des compétences visées. Plus exactement, renonçant à définir de manière exhaustive et "opérationnelle", les objectifs, nous avons proposé de les "caractériser" par les aspects obtenus avec ce type d'analyse et susceptibles d'aider au mieux les maîtres. Dans cet esprit, notre proposition principale consiste à "focaliser" les objectifs sur les obstacles susceptibles d'être franchis par les élèves.

concepts pour la didactique : objectif-obstacle, pratique de référence

Cette conception nouvelle des "objectifs-obstacles" a une double origine. Nous venons d'en rappeler la source pragmatique. Mais il y a aussi une source théorique : c'est la notion d'obstacle épistémologique, élaborée par Bachelard en explorant l'histoire des idées scientifiques, et sur la base de son expérience de professeur de physique. Il ne s'agit pas pour nous de transformer en objectifs les obstacles repérés par Bachelard, il s'agit de faire rejoindre deux courants : celui des pédagogues qui cherchent à travers les objectifs à rendre plus efficaces les actions didactiques et œlui des épistémologues qui s'intéressent aux difficultés

qu'affronte la pensée scientifique. La notion d'objectif-obstacle nous paraît être un moyen pour transformer en instrument didactique les résultats des recherches actuellement en plein développement, et qui portent sur les modes de résolution de problèmes adoptés spontanément par les élèves, ou les représentations qu'ils se font des phénomènes physiques.

Au cours de notre travail, nous avons été conduit à élaborer d'autres concepts, comme ceux de "champ empirique de référence" pour désigner l'ensemble des phénomènes et manipulations qu'il faut se donner les moyens de décrire et de comprendre, d' "indicateur pour l'évaluation" indispensable si l'on ne garde qu'un petit nombre d'objectifs, et surtout de "pratique sociale de référence". L'arrière-plan de la notion de pratique sociale de référence est évidemment sociologique : nous avons voulu tenir compte de ce qu'une activité, un problème, des connaissances, des attitudes, ... ne sont jamais purs ; ils sont liés à des rôles, des fonctions, plus généralement des pratiques. Il nous paraît donc fondamental de comparer les situations d'enseignements avec celles vécues dans des pratiques sociales, sous tous ces aspects ; si l'on admet de plus que toute éducation est d'abord un processus de socialisation, la notion devient indispensable.

analyse de la matière et des représentations

En ce qui concerne les démarches d'investigations, nous mentionnerons ici rapidement les élèments concernant l'analyse de la matière d'enseignement et des représentations des enfants ; ils ont déjà été évoqués précédemment. Nous insisterons seulement sur un point : l'intérêt des concepts linguistiques (comme signifié-signifiant-référent) et des idées systémiques (syntaxe et sémantique des modèles), que nous avons utilisés à propos de l'élément chimique.

évaluation sur les objectifs

Nous développerons plus longuement maintenant les acquis de l'évaluation sur les objectifs de l'initiation aux techniques de fabrication. Nous avons utilisé pour cela des "journaux de bord" remplis par les expérimentateurs après chaque séance avec les élèves, et des témoignages recueillis par questionnaire. Nous avons essayé ainsi de détecter le plus minutieusement possible les écarts ou les dérives par rapport au projet initial, et de déterminer les conditions de succès.

Grâce aux déclarations des maîtres, nous disposons de la hiérarchie qu'ils attribuent aux objectifs de cette initiation : il apparaît qu'ils privilégient les attitudes (autonomie des enfants, entraide), les méthodes (capacité d'analyser des objets techniques) et dévalorisent les connaissances

(géométrie, matériaux). Nous connaissons aussi les différentes présentations qu'ils font du projet lorsqu'ils en parlent aux élèves (insistance sur la fabrication), à des collègues (variété des activités, possibilités d'observation des élèves), ou aux parents.

Les comptes rendus permettent de savoir ce qui est fait dans la réalité de la classe : nombre d'objets fabriqués, déroulement des premières séances, des séances intermédiaires, organisation des activités. Nous disposons aussi de données sur les difficultés rencontrées, par exemple pour l'organisation du travail ou pour faire réfléchir les élèves à des problèmes technologiques, ainsi que sur les contrôles ou les observations effectués. Une constatation importante est que si on prend en compte tous les aspects de l'action des enseignants, dans leur détail comme dans leur ensemble, il y a une bonne concordance entre ce que les maîtres "disent" et ce qu'ils "font" ; il est donc possible de faire confiance à leurs comptes rendus, alors qu'on peut avoir à les suspecter a priori. Mais surtout, l'analyse met en évidence les petites distorsions subies par le projet ; au delà d'une concordance très satisfaisante avec les intentions initiales, ces écarts nous semblent avoir valeur de prédiction pour les dérives d'une éventuelle généralisation.

On pourrait penser que les objectifs servent surtout aux maîtres pour préparer les activités en classe, et établir une progression. Les données de notre enquête montrent qu'en réalité, les maîtres adoptent les objectifs d'abord pour juger le travail accompli par les élèves, ensuite pour décider comment aider ceux-ci en classe ; par exemple nous avons constaté que le fait de privilégier l'objectif autonomie des enfants les a amenés à laisser les élèves trouver eux-mêmes, au lieu de leur donner une solution pour accélérer la fabrication.

Enfin, nous avons examiné chaque objectif du tableau réalisé avec les expérimentateurs pour voir s'il était conforme aux intentions du projet et s'il correspondait à une difficulté observée chez les élèves. Dans l'ensemble, le tableau désigne bien les obstacles que les élèves peuvent franchir dans le cadre des activités proposées, démontrant ainsi la possibilité d'appliquer la conception des "ojectifs-obstacles".

Il est évident que ces données devraient être complétées et vérifiées dans d'autres situations, avec d'autres maîtres, mais elles constituent pour nous des éléments empiriques et méthodologiques pour une meilleure connaissance du rôle des maîtres dans le processus d'enseignement.

B - prolongements de la recherche.

Notre travail représente, à un moment donné, un effort pour tirer les enseignements d'un ensemble d'innovations en se plaçant du point de vue des objectifs. Nous nous sommes particulièrement appuyé sur trois exemples typiques. Mais les propositions rassemblées précédemment nous paraissent susceptibles d'autres applications.

a) applications possibles.

extensions à des problèmes analogues

On peut imaginer d'abord des extensions des idées et démarches utilisées à des problèmes analogues. C'est tout particulièrement le cas des analyses effectuées à propos de la notion d'élément chimique, et de dureté. Des recherches ont d'ailleurs déjà été engagées sur les conditions d'introduction d'un modèle atomique en 6ème à propos de l'étude des combustions, ou sur la construction progressive des différents aspects de la notion de température au Cycle Moyen lors de la fabrication d'échelles thermométriques et de mélanges d'eau chaude et froide dans un calorimètre. On retrouve les mêmes questions sur les invariants et les représentations symboliques, ou le mesurage et les grandeurs directes.

Des observations sur les processus d'enseignement dans la classe, dans l'esprit de notre évaluation de l'initiation aux techniques de fabrication, nous paraissent aussi devoir être multipliées. Les travaux connus sur l'observation des classes, avec des grilles d'observation, insistent surtout sur les aspects de communication et de relation maître-élève. Ils rendent souvent mal compte de ce qui se passe dans les classes de science, en particulier les travaux pratiques, car ils négligent trop la signification scientifique des activités des élèves. Acquérir une connaissance plus profonde du degré de cohérence entre les programmes, les objectifs, les activités, les moyens, les méthodes pédagogiques, déceler les divergences entre maîtres et les évolutions est indispensable au progrès de la didactique.

L'application de la notion de pratique sociale de référence à l'analyse et la détermination des situations didactiques, l'utilisation de toutes les études sur les difficultés d'apprentissage des élèves pour proposer des tableaux d' "objectifs-obstacles" devraient enfin être développées. Elles pourraient être réinvesties dans la production d'exercices variés de contrôle.

limites de notre travail et problèmes nouveaux

Mais nous voulons aussi souligner les limites de notre travail et donc des applications éventuelles. Nous nous sommes intéressé aux problèmes de l'initiation aux sciences et techniques dans le cadre de l'école obligatoire. Etendre aux enseignements de lycée , d'université, de formation professionnelle, demande des adaptations importantes. Nous n'avons pas affronté, par exemple la question des relations entre grandeurs physiques, avec les structures conceptuelles complexes qui en dépendent (analyse dimensionnelle, rapports entre modèles ...) ; il est évident que la notion d'énergie demanderait des efforts beaucoup plus importants que les cas assez simples et purs que nous avons étudiés. De même la notion d'objectif-obstacle ne peut s'étendre à toute situation où l'idée d'objectif est utile : elle semble liée aux situations de formation de type scolaire ; il n'y aurait que des inconvénients à l'appliquer à la vulgarisation ou aux expositions scientifiques, à moins de vouloir en faire des substituts de l'école. Notre travail fait donc émerger le besoin d'élaborations nouvelles.

b) élaborations et recherches nouvelles.

besoin de connaître les variables et invariants didactiques

Nous avons insisté précèdemment sur l'importance de la prise en compte des contraintes et des possibles dans les situations didactiques. C'est sans doute un des domaines essentiels sur lesquels la didactique a besoin de progresser en produisant ses propres concepts. Les difficultés d'applications des recherches purement psychologiques ou sociologiques aux processus d'enseignement et d'apprentissage scolaire viennent certainement en grande partie de ce que les situations de classe ne peuvent pas être décrites avec les mêmes variables "dépendantes" et "indépendantes" que ces sciences utilisent. L'évolution du développement industriel et des sciences pour l'ingénieur, amène à penser par analogie que nous manquons de connaissances sur les bonnes "variables" et "invariants" de la didactique, sur les "modèles" des situations didactiques. Au delà des études de cas, qui suggèrent des interactions entre différents aspects, comme nous l'avons montré pour objectifs, contenus et démarches pédagogiques, seules des analyses comparées nous permettront de mettre à jour et construire ces variables "manipulables" , et donc de passer à des expérimentations dans des situations artificielles certes, mais dont les conclusions seront applicables aux classes réelles.

C'est pourquoi on peut penser que des recherches de type nouveau sont maintenant nécessaires, liées à la pratique des enseignants, mais plus focalisées et moins extensives donc plus proches des modèles scientifiques habituels. Mais nous ne croyons pas qu'on puisse encore se passer, pour

les problèmes que nous avons abordés, de recherches-actions débouchant sur des descriptions objectives et détaillées, et permettant d'obtenir ainsi une information empirique qui fait pour le moment défaut. Car il ne servirait à rien d'accumuler des données "périphériques" sur les représentations et raisonnements spontanés, les styles de comportements dans l'apprentissage de la connaissance, le rôle des relations affectives, etc., sans affronter directement les situations d'enseignement elles-mêmes.

ANNEXES

I

ANNEXES A LA PREMIERE PARTIE

I a

TABLEAU D'OBJECTIFS POUR LES ACTIVITÉS D'ÉVEIL EN PHYSIQUE ET TECHNOLOGIE

EXTRAIT DE RECHERCHES PÉDAGOGIQUES n. 74
INRP, 1975

1. INTRODUCTION

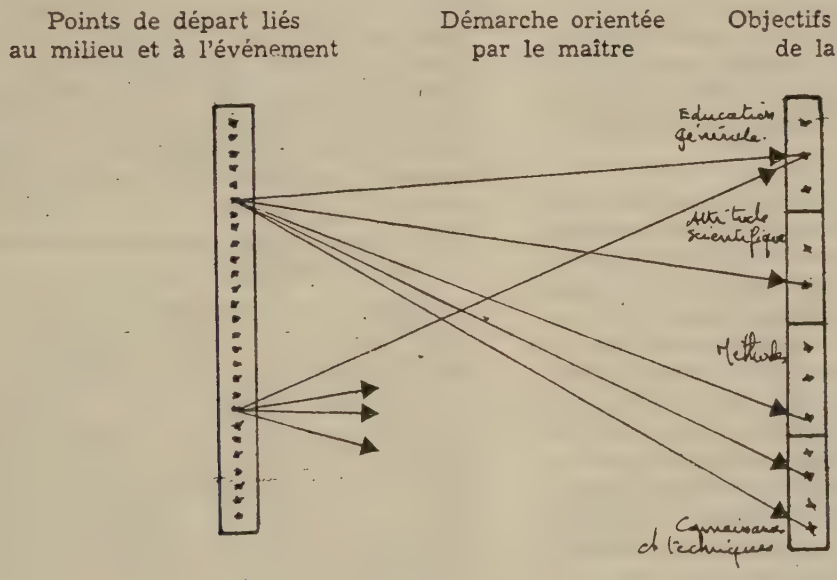
1. L'initiation scientifique telle qu'elle a été définie à la suite de la deuxième partie ne peut être donnée sous la forme de « leçons » dont la succession et la continuité sont étroitement programmées à l'avance et imposées par le maître, ceci pour les raisons suivantes :

— l'initiation scientifique se fait à partir de problèmes posés par les activités fonctionnelles de l'enfant et l'exploration du milieu ; de ce fait, elle ne peut pas faire l'objet d'une planification rigide ;

— à l'école élémentaire, l'accent est mis sur l'acquisition de méthodes et le développement d'une attitude scientifique ; les savoirs et savoir-faire sont les retombés nécessaires et les indicateurs d'un exercice bien conduit, mais ne définissent pas une succession d'apprentissages imposés a priori, sans référence au vécu de l'enfant et à la démarche réalisée. Or, les programmes traditionnels portent habituellement sur des connaissances ; elles seules sont explicitées de façon précise, sanctionnées par les contrôles et les examens alors que les objectifs de méthode ou d'attitude, présentés de façon floue dans les instructions, restent à l'état de déclarations d'intentions.

Cette distinction est capitale dans le cadre d'une pédagogie de la découverte ; c'est à partir des données de l'expérience personnelle que l'enfant est amené à construire un savoir indépendant des situations. La confusion entre sujets et objectifs masque aussi le fait qu'un même sujet d'étude permet de réaliser simultanément des objectifs différents comme le montrent l'ensemble des thèmes traités.

Le tableau suivant traduit, de façon schématique, la relation entre les sujets d'étude ou points de départ et les objectifs atteints au cours de l'exercice :



Ce tableau fait apparaître l'importance des objectifs non cognitifs. Par contre il masque la différence profonde qui sépare un tableau d'objectifs cognitifs d'un programme.

La rédaction traditionnelle des programmes présente les inconvénients suivants :

— la suite linéaire des termes du programme masque les liens entre les concepts et la nécessité de structurer l'acquis ponctuel d'un exercice grâce à des activités de synthèse différentes du travail analytique et qui reposent sur la comparaison des données (analogies et oppositions), la mise en relation, l'effort d'induction. De ce fait, l'ordre des appren-

tissages importe beaucoup moins que la réalisation effective par les enfants d'un réseau de concepts ;

— les liens entre disciplines ne peuvent être perçus que si la formulation des objectifs est détachée des sujets d'étude ; les leçons traditionnelles sur le thermomètre par exemple ont souvent empêché tout transfert correct de la notion de température en géographie ou en biologie.

La substitution de la notion de « tableau d'objectifs » à celle du « programme » ne correspond pas à un simple changement d'étiquette ; elle exprime une orientation pédagogique qui se traduit principalement par la volonté du maître d'aider les enfants à construire eux-mêmes leur propre savoir.

2. Une question préalable se pose à ce sujet : n'y a-t-il pas incompatibilité entre un tableau d'objectifs et l'application d'une méthode de découverte authentique qui laisse aux élèves une initiative effective ? Ne risque-t-on pas de tomber dans la pratique d'une pédagogie pseudo-scientifique qui remplace le tâtonnement, la création, l'approche intuitive donnant lieu à une formalisation progressive par une suite planifiée d'acquisitions imposées.

2.1. Il faut tout d'abord rappeler une distinction fondamentale souvent ignorée : un objectif *possible* ne doit pas faire nécessairement l'objet d'un apprentissage systématique. Un *tableau d'objectifs* peut *simplement servir de guide* au maître pour lui permettre d'orienter le travail autonome des enfants au cours même du déroulement de l'exercice. A l'occasion du remplissage d'une bouteille dans une cuvette, les enfants du C.P. s'amusent à suivre le dégagement des bulles d'air ; le maître sait que les enfants de cet âge ne perçoivent pas l'air comme une forme de la matière, que cet exercice de substitution peut les amener à comprendre cette idée ; il oriente ses interventions (questions, suggestions, apports complémentaires de matériel) de façon à réaliser cet objectif. Mais le maître *ne se croit pas obligé d'enseigner* cette notion ; il intervient uniquement pour répondre à un questionnement, orienter un étonnement, donner une issue valable aux besoins de découverte des enfants : le fait d'atteindre un objectif précis constitue d'abord un *indicateur d'une démarche bien conduite* qui débouche sur une formation scientifique.

Mais pourquoi un maître a-t-il besoin d'un tableau d'objectifs ? Ne pourrait-il pas se fier à sa seule intuition, être simplement à la disposition des enfants ? L'observation des classes au cours des dix dernières années, a montré que ces qualités essentielles ne sont pas suffisantes, en particulier parce que l'adulte est bloqué par la focalisation de ses intérêts et surtout par ses modèles culturels : la grille des objectifs sert, avant tout, à préciser ses idées, à éviter que les directions de travail ne soient polarisées suivant un champ très étroit (on reconnaît souvent la personnalité des maîtres à travers les comportements des élèves) ou que l'activité des élèves ne se dégrade en agitation factice ou simple bavardage. A l'issue d'un travail où les enfants auront eu une initiative, ces derniers seront amenés de leur côté, avec l'aide du maître, à exprimer le ou les objectifs atteints « j'ai appris aujourd'hui à imaginer un montage pour vérifier une supposition (hypothèse) ».

2.2. Certains projets (le projet anglais Science de 5 à 13 ans par exemple) se limitent à établir un catalogue des *objectifs possibles* en fonction d'une situation de classe donnée. Nous avons pensé qu'il fallait aller plus loin et préciser certains paliers généraux de la formation scientifique (concepts de base, maîtrise des méthodes et des techniques, développement de l'attitude scientifique) grâce à un tableau d'*objectifs souhaitables*, c'est-à-dire susceptibles d'être réalisés quelles que soient les situations de classes rencontrées.

Ce tableau doit permettre au maître de faire un bilan concret et objectif des progrès réalisés par les enfants, bilan qui met l'accent non pas sur des connaissances factuelles mais sur les objectifs fondamentaux qui font de l'initiation scientifique une discipline de maturation. Ce bilan facilite l'adaptation de l'enseignement en cas de changement de maître ; il permet de renseigner les familles et de rassurer celles que les méthodes nouvelles inquiètent. Enfin, il peut servir à l'individualisation de l'enseignement ; lorsque les enfants travaillent de façon autonome par petits groupes, ils peuvent réaliser un contrat d'objectifs à leur rythme et vérifier l'acquis grâce à des fichiers d'exercices d'autoévaluation (actuellement expérimentés en 6e, 5e). En sciences physiques, les différents domaines sont relativement indépendants (l'étude des mouvements et celle des changements d'état par exemple) ; ce n'est pas l'ordre linéaire des apprentissages qui

compte, mais l'acquisition des concepts de base et des méthodes qui permettent d'organiser les données confuses se rapportant à un champ déterminé en un corps organisé qui permet de comprendre et de prévoir : le tableau synthétique structure la nébuleuse en une constellation. De plus, il est nécessairement détaché des sujets d'étude.

2.3. D'après ce qui précède, nous devrions présenter deux tableaux d'objectifs différents par leur fonction et leur mode de présentation :

— un tableau analytique des objectifs possibles dans une situation de classe concrète qui explicite, objective et enrichit les raisons habituellement implicites qui orientent l'action du maître pratiquant les méthodes actives ; ce tableau est nécessairement très détaillé pour pouvoir répondre à des besoins précis ; il doit permettre effectivement au maître de répondre aux besoins des enfants aux prises avec un problème concret ;

— un tableau synthétique des objectifs *souhaitables* qui permet au maître et à l'équipe pédagogique de définir des points de convergence de son action éducative et d'organiser l'année scolaire ; il permet de substituer aux programmes imposés des grilles construites par les équipes de maîtres ; un tel tableau doit nécessairement être *simple* pour dégager l'essentiel et permettre une adaptation réelle à la situation, à l'événement et pour faciliter l'individualisation du travail.

En distinguant les deux tableaux, on évitera que le premier des deux puisse être confondu avec un catalogue démentiel de connaissances à imposer aux enfants. Cependant, il nous a paru préférable de faire un seul tableau pour une raison importante souvent méconnue : les objectifs de base ne sont pas réalisés en une fois à l'occasion d'un exercice donné, puis renforcés par un nombre suffisant d'applications dans des situations différentes, mais ils sont construits peu à peu, qu'il s'agisse de concepts ou de méthodes, par un effort de structuration, c'est-à-dire par comparaison, recherche des points de convergence ou d'opposition, mise en évidence de relations. Les objectifs élémentaires de chaque exercice n'ont pas d'intérêt en eux-mêmes, mais ne sont que des facettes ou des points d'appui des objectifs généraux qui, seuls donnent lieu à l'acquisition d'un vocabulaire destiné à être mémorisé. La notion de fusion ne s'impose pas d'emblée à partir de l'observation de la glace fondante mais par comparaison de plusieurs cas concrets ; d'autre part, elle est appelée à être intégrée dans un concept plus général, celui de la conservation de la matière au cours des changements d'état. De même, la méthode expérimentale comporte des facettes multiples, en particulier en ce qui concerne les différents aspects de la séparation des variables et l'idée d'une méthodologie générale ne peut se dégager que peu à peu, par un effort de synthèse. Le travail de structuration ne s'appuie pas seulement sur le travail collectif de la classe : comme il résulte d'un effort actif de chaque enfant, il intègre nécessairement son expérience individuelle, son acquis extrascolaire, en particulier les informations des media. Un programme semble indiquer que tout est appris à l'école ; *un tableau d'objectifs attire l'attention sur le fait que l'école donne à l'enfant les clés qui lui permettent de construire un savoir individualisé à partir de la totalité du vécu.*

2.4. L'adaptation des grilles d'objectifs à un cours donné, le C.E. 2 par exemple, est un problème important pour beaucoup de maîtres. Ils reconnaissent certes que chaque enfant a son rythme de développement, cependant ils souhaitent un cadre susceptible d'être adapté aux situations concrètes, mais qui permettrait de connaître les objectifs susceptibles d'être atteints par 75 % des enfants d'une population par exemple.

Un tableau aussi précis ne peut être établi à partir des seules données de la science et de la psychologie ; ce que l'enfant peut apprendre en sciences à un âge mental donné dépend aussi en grande partie de son expérience, de l'acquis antérieur, c'est-à-dire du milieu, de la personnalité et des intérêts des différents maîtres qu'il a eus. Les seuls plannings annuels d'objectifs honnêtes sont ceux qui sont établis au niveau d'une équipe pédagogique d'école ou de groupe d'écoles. Le rôle de la recherche pédagogique est de fournir les données scientifiques et psychologiques permettant aux membres de l'équipe de prendre les décisions et d'organiser le travail.

Pour la plupart des objectifs, nous avons adopté une formulation à deux niveaux, qui correspondent aux deux sous-stades que l'on distingue habituellement à l'intérieur du stade des opérations concrètes : comme nous l'avons montré dans la deuxième partie, on peut aborder les circuits électriques, l'évaporation, la dissolution à n'importe quel cours, mais pour un enfant d'un âge mental donné, il existe un certain niveau d'explication qu'il ne peut dépasser. Au pre-

mier niveau, l'effort consiste surtout à décrire en situation concrète les conditions précises qui permettent de reproduire un phénomène donné et à définir, de façon instrumentale, les objets premiers de la science (propriétés, substances, etc.) par des opérations de classement, sériation. Cet effort permet de dépasser les représentations égocentriques, magiques, et les évidences de la perception immédiate. Au deuxième niveau, la séparation des variables sera établie de façon heuristique et non systématique grâce au tâtonnement expérimental ; grâce à la maîtrise du principe de conservation de la substance et des méthodes de repérage ou de mesure de certaines grandeurs : longueur, masse, volume, temps, température, seront définies et mises en relation avec d'autres grandeurs ; le codage caractéristique de la pensée scientifique sera étendu aux données numériques.

D'autre part, la formulation des objectifs sous forme de phrases construites et non sous forme de titres, permet de préciser les prérequis indispensables pour comprendre un concept donné ; si ces derniers n'ont pas fait l'objet d'une acquisition explicite, le maître peut localiser l'obstacle qui empêche l'élève de comprendre et donner une définition provisoire de la notion indispensable.

En conclusion :

— le choix des sujets d'étude se fait au niveau de la classe ; l'exploitation du sujet en fonction d'objectifs possibles relève de la responsabilité individuelle du maître ;

— la construction des plannings pluri-annuels se fait de préférence par les équipes pédagogiques (maître d'une même école ou groupes de maîtres en formation permanente) dans le cadre des instructions officielles ; les documents établis par la recherche (en particulier tableaux d'objectifs) constituent seulement des instruments de travail.

2. OBJECTIFS GENERAUX DES ACTIVITES D'EVEIL ET MODE DE REALISATION AU COURS DE L'INITIATION PHYSIQUE ET TECHNOLOGIQUE

L'initiation physique et technologique est d'abord un moyen pour réaliser les objectifs généraux des activités d'éveil ; mais inversement ces derniers risquent de se limiter à des déclarations d'intention inefficaces s'ils ne sont pas traduits en comportements précis dans un domaine d'activités donné. Ce tableau doit permettre de comprendre sous quelle forme les objectifs généraux peuvent être réalisés au cours des exercices à dominante scientifique-technologique ; en particulier, il cherche à faire connaître la signification fonctionnelle de tous les objectifs disciplinaires décrits sous une forme analytique dans le tableau n° 3.

CLASSE D'OBJECTIFS (Cf R P. 62)	FORMULATION DES OBJECTIFS GENERAUX EN TERMES DE SIGNIFICATION	ACTUALISATION DE L'OBJECTIF DANS LES ACTIVITES SCIENTIFIQUES	TRADUCTION EN OBJECTIFS DE COMPORTEMENTS REF. ET CODES
G. Objectifs d'éducation générale	**G 1. Eveil de la personnalité :** curiosité, créativité, pensée critique, souci de l'action efficace et responsable. **G 2. Développement de la socialisation et de l'aptitude à la communication :** — Prise en compte motivée de certaines contraintes sociales. — Coopération dans l'action. — Souci de comprendre la pensée d'autrui et de permettre la communication des idées.	Tous ces objectifs sont impliqués par « Développement d'une attitude scientifique ». Cette dernière se spécifie progressivement au cours de l'école élémentaire par rapport à l'expression poétique ou plastique et par rapport aux conditionnements sociaux imposés. (Le tableau ne mentionne pas les objectifs d'éducation générale réalisés de façon incidente : ex. sensibilité.)	Tableau 3, R.P. 74. Objectifs A 1 à A 5.
L. Maîtrise des langages et des codes	**L 1. Traduction d'un même référent dans les différents langages :** (mime, maquette, langue maternelle, codages, symboles mathématiques). **L 2. Langue maternelle :** L 21. Langue parlée : — savoir comprendre un message oral (en particulier tenir compte du registre de langage) ; — savoir faire une communication orale pour traduire une activité. L 22. Langue écrite : — savoir exploiter un document écrit (repérer les mots inconnus, identifier le genre littéraire, trouver un renseignement, résumer ou transposer un texte) ; — savoir transcrire un message oral ; — savoir rédiger un compte rendu (soit récit, soit compte rendu scientifique). **L 3. Codages et opérations logico-mathématiques :** L 31. Savoir traduire un montage, une structure, une relation fonctionnelle ou causale, une procédure par un schéma ou un code. L 32. Savoir repérer une position, un mouvement par rapport à un système de référence. L 33. Savoir appliquer les pratiques opératoires aux données de la perception pour définir des classes ou des relations. L 34. Savoir reconnaître et effectuer les opérations numériques permettant d'exploiter les données brutes. L 35. Savoir représenter graphiquement les suites de nombres et les couples et interpréter les courbes obtenues.	La communication joue un rôle essentiel dans la progression de la démarche scientifique et les activités à support verbal occupent 1/3 du temps total en moyenne. (L'enquête, l'étude critique de documents, la tenue de fiches d'expériences, le compte rendu oral ou écrit ne constituant pas des activités surajoutées, mais des moments nécessaires de la démarche scientifique qui leur impose des formes précises.) Le niveau de langage propre à la démarche scientifique se spécifie progressivement par opposition aux autres niveaux ; *tous* les registres de langage interviennent au cours d'un exercice scientifique à des moments *différents* de la démarche. La mathématisation accompagne la démarche scientifique à tous ses stades et ne constitue pas l'étape terminale de l'exercice. Les objets premiers de la science (définitions, etc.) sont construits par application des pratiques opératoires aux données de la perception. Le passage au quantitatif conditionne à la fois l'efficacité technique et la possibilité d'exprimer de façon précise une relation causale (rapport entre grandeurs). La traduction symbolique des données (codages, graphiques, etc.) est nécessaire pour travailler sur des concepts scientifiques au lieu de se limiter à la perception immédiate et la recette technologique.	Pas de codage spécifique dans cette unité. Recours au codage de R.P. 62, L 1 à L 5, p. 24 à 28.

CLASSE D'OBJECTIFS (Cf R.P. 62)	FORMULATION DES OBJECTIFS GENERAUX EN TERMES DE SIGNIFICATION	ACTUALISATION DE L'OBJECTIF DANS LES ACTIVITES SCIENTIFIQUES	TRADUCTION EN OBJECTIFS DE COMPORTEMENTS REF. ET CODES
	L 4. Langage audio-visuel : L 41. Etre capable de comprendre et de recevoir de façon critique un message audio-visuel. L 42. Etre capable de communiquer en s'appuyant sur des documents audio-visuels éventuellement après production ou montage.	L'audio-visuel est un complément indispensable des études directes dans le milieu ; il n'intervient pas seulement comme support d'une information, mais aussi : — comme support d'une analyse, éventuellement à partir de documents produits par la classe elle-même ; — comme moyen de simulation pour éviter certaines interventions directes dans le milieu. Le lien habituel en sciences entre données de la perception directe ou globale et celles de messages audio-visuels facilite les apprentissages (compréhension, analyse critique, application).	
M. Méthodes de travail (efficacité de l'action ou méthodes d'acquisition des connaissances)	**M 1. Savoir organiser un travail** — réalisation d'un projet ; — planification de la semaine scolaire.	La démarche scientifique s'enracine le plus souvent dans une autre activité (ex. : travail manuel, jardinage, éducation physique) ; il importe que cette dernière ne soit pas un simple prétexte mais qu'elle soit conduite jusqu'au bout, suivant sa logique propre.	R.P. 62, p. 28 M 13 et M 14
	M 2. Savoir acquérir des connaissances par soi-même en recourant aux sources d'information et savoir réorganiser les connaissances acquises à partir d'une information qui les met en question. M 21. Savoir rechercher, classer et exploiter des documents. M 22. Savoir préparer, réaliser et pratiquer une enquête.	Le recours aux sources d'information permet de déterminer le degré de généralité et le domaine de validité de l'acquis tiré de l'expérience ; il permet aussi de trouver une réponse *provisoire* à un problème non accessible à l'expérience.	R.P. 62, p. 28 M 11 et M 12
	M 3. Savoir acquérir des connaissances à partir des données de l'expérience personnelle et appliquer un savoir abstrait à une situation de vie. M 31. Savoir dégager les relations causales ou descriptives par l'observation ou l'expérimentation. M 32. Savoir intégrer l'acquis ponctuel en un système de concepts. M 33. Savoir reconnaître la possibilité d'appliquer un principe connu à une situation de vie complexe pour résoudre un problème pratique.	Par définition, la pensée scientifique permet d'organiser les données de l'expérience en vue d'une action, quel que soit le domaine considéré. Partant de l'étude du milieu ou des activités techniques, elle construit des outils de la pensée qui sont réinvestis dans le milieu. De façon implicite, ou explicite, les apprentissages relatifs aux disciplines instrumentales ne peuvent être pleinement efficaces que s'ils sont en relation avec une activité dans le milieu, de type scientifique au sens large du mot.	R.P. 74 Tableau Ms, p. 253
C. Connaissances	Dans le domaine des activités d'éveil, l'ordre des exercices n'est pas commandé par un programme linéaire de connaissances à imposer : *l'acquisition de connaissances répond toujours à un problème* ; un niveau de formulation se réfère au développement de l'enfant ; une connaissance n'est acquise que lorsqu'elle est susceptible d'être réinvestie dans une situation de vie.	La construction de concepts (pratiques opératoires explicitées par le langage et débouchant sur une formulation mémorisée) réalise simultanément deux fonctions liées : — elle constitue le support indispensable de la pensée scientifique ; — elle permet le développement des cadres logico-mathématiques de l'enfant qui se construisent par abstraction réfléchissante à partir de l'abstraction simple portant sur les données de l'expérience. Il n'y a pas lieu d'imposer une liste de connaissances, mais il faut établir la relation entre une situation donnée et les connaissances possibles et proposer des niveaux de formulation compatibles avec le développement de l'enfant.	R.P. 74 Tableau C, p. 260

CLASSE D'OBJECTIFS (Cf R.P. 62)	FORMULATION DES OBJECTIFS GENERAUX EN TERMES DE SIGNIFICATION	ACTUALISATION DE L'OBJECTIF DANS LES ACTIVITES SCIENTIFIQUES	TRADUCTION EN OBJECTIFS DE COMPORTEMENTS REF ET CODES
T. Techniques	**T 1.** Savoir utiliser les outils, instruments et matériaux usuels de l'environnement scolaire et être capable d'apprendre rapidement les pratiques instrumentales exigées par une situation nouvelle : — maîtrise du geste ; — pratique intelligente étroitement liée au développement général de la pensée. **T 2.** Savoir concevoir, réaliser, vérifier une construction par assemblage ou façonnage. **T 3.** Savoir représenter un objet technique et interpréter un schéma codé.	Les objectifs des activités techniques sont réalisés de façon diffuse au cours de la vie scolaire. Au cours des activités scientifiques et techniques, les objectifs généraux se présentent sur les deux points suivants : — prise de conscience réfléchie de la pratique pour éviter la coupure avec le développement de la pensée conceptuelle ; — développement des techniques instrumentales sans lesquelles l'établissement de données précises et fiables serait impossible.	R.P. 74 Tableau T, p. 266

TABLEAU ANALYTIQUE DES OBJECTIFS POSSIBLES
Objectifs spécifiques du domaine physique-technologie)

Observation : Il est rappelé que ce tableau sert uniquement à orienter l'action du maître au cours d'un exercice et non à définir un acquis imposé considéré comme un programme.

A. ATTITUDES

	DEFINITION GENERALE DE L'OBJECTIF	COMPORTEMENTS CARACTERISANT DIFFERENTS ASPECTS DE L'OBJECTIF	EXEMPLES TIRES DES THEMES
A 1. Curiosité	Etre capable de se poser des questions au cours du travail ou du jeu.	Etre capable de s'étonner, même en dehors du cadre scolaire, d'un fait qui contredit l'acquis et savoir traduire cet étonnement par des questions précises. Chercher à trouver la réponse par un effort personnel.	Cf. les changements d'état : comment se forme le brouillard ? Pourquoi un creux se forme-t-il à la surface de la bougie ?
		Prendre plaisir à manipuler un objet, à modifier un phénomène naturel, à se dégager des activités répétitives au cours du jeu, pour déboucher sur un tâtonnement expérimental.	Cf. jeux de construction, jeux avec les circuits électriques.
		Prendre plaisir à maîtriser le fonctionnement d'un appareil inconnu, à le démonter et à le remonter.	Cf. démontage et remontage d'une horloge jouet, 1re partie.
A 2. Créativité	Savoir envisager des directions multiples (intelligence divergente) et trouver les idées de solutions nouvelles devant une situation donnée.	— A l'occasion d'un problème technologique savoir recombiner les données de l'expérience personnelle pour imaginer une solution nouvelle au lieu de reproduire ce que l'on voit.	Cf. : de l'ampoule électrique au phare : recherche d'un système d'occulteur pour la maquette de phare.
		— Etre capable de concevoir un grand nombre d'hypothèses ou de solutions différentes devant un problème donné.	Cf. changements d'état : les enfants cherchent pourquoi le sel fait fondre la neige.

	DEFINITION GENERALE DE L'OBJECTIF	COMPORTEMENTS CARACTERISANT DIFFERENTS ASPECTS DE L'OBJECTIF	EXEMPLES TIRES DES THEMES
A 3. Pensée critique	Etre disposé à s'appuyer sur l'expérience (au sens large) pour remettre en question les représentations personnelles ainsi que les affirmations reçues d'autrui.		
3.1. Autocritique		3.1. Chercher à vérifier, avant généralisation, si une donnée ponctuelle de l'observation et de l'expérience peut être généralisée ou si les résultats obtenus sont semblables à ceux des autres (chercher la cause des différences).	Cf. mélange et superposition de liquide : le liquide le plus gras est-il toujours celui qui est en haut ?
		Savoir reconnaître ou circonscrire la part de pensée rationnelle qui intervient dans une décision.	Cf. R.P. 62, p. 101 : le choix du batteur électrique est-il commandé uniquement par des critères fonctionnels ?
3.2. Indépendance d'esprit		3.2. Exiger la justification d'une affirmation ou la confirmation d'un témoignage, soit par le recours à l'observation ou l'expérimentation, soit par le recours à des documents précis.	
		Savoir recevoir, de façon critique, un document, soit en le confrontant aux données de l'expérience personnelle, soit en se livrant à une critique interne.	Cf. : de l'ampoule électrique au phare : les enfants cherchent à reproduire les phénomenes qu'on leur a expliqués lors de la visite.
		Savoir reconnaître le caractère factice d'une explication lorsqu'elle ne permet pas de reproduire le phénomène (explication animiste ou anthropomorphique).	

	DEFINITION GENERALE DE L'OBJECTIF	COMPORTEMENTS CARACTERISANT DIFFERENTS ASPECTS DE L'OBJECTIF	EXEMPLES TIRES DES THEMES
A 4. Action efficace	Chercher spontanément à agir et à organiser une activité qui permet d'atteindre le but cherché.	Chercher, individuellement ou en groupe, à réaliser un objectif désiré (construction d'un objet, expérimentation) au lieu d'attendre ordres ou informations.	Cf. jeux de construction : les enfants s'organisent au sein de petits groupes pour réaliser un objet.
		Mener un projet jusqu'au terme, malgré les difficultés et causes d'échec (concentration et persévérance dans l'effort).	Cf. : construction d'horloges.
		Avoir le souci d'appliquer ses connaissances à la résolution d'un problème (concernant la vie de l'enfant ou de la classe).	Cf. : circuits électriques ; construction du jeu de questions-réponses.
A 5. Socialisation	Savoir prendre en compte sur le plan de la pensée (communication) comme de l'action (coopération) : — les relations courtes et personnalisées avec autrui ; — l'impact de la société par son action médiate et globale (économie, technologie, culture, langage, médias, valeurs). (Prise de conscience et prise de responsabilité).	— Savoir travailler de façon coopérative soit en répondant à un besoin occasionnel, soit en participant à un travail d'équipe organisé ou systématique.	Cf. : construction d'horloges : entraide entre enfants pour la construction des horloges.
		— Savoir respecter les règles de la communication à l'intérieur d'un groupe (écoute, tour de la parole, refus de la contrainte) et savoir tenir compte des données de la discussion pour réformer son propre jugement.	
		— Respecter l'outil et l'objet technique considéré comme un produit élaboré de l'intelligence humaine.	Cf. le duplicateur à alcool.
		— Respecter le travail humain : éviter les dégradations, le désordre ; ménager le travail du personnel de service.	Cf. jeux de construction : les enfants rangent et font l'inventaire du contenu des boîtes à la fin de la séance du travail.

Ms. METHODES SPECIFIQUES DES ACTIVITES SCIENTIFIQUES

	DEFINITION GENERALE DE L'OBJECTIF	COMPORTEMENTS CARACTERISANT DIFFERENTS ASPECTS	EXEMPLES TIRES DES THEMES
Ms 1. Observation	M 1. Etre capable, avec ou sans instruments, d'*orienter et d'organiser les données de la perception à partir des cadres logiques et des connaissances antérieures* : — pour assurer la régulation et l'efficacité de l'action (technique) ; — pour construire ou utiliser les catégories qui permettent à la pensée scientifique de fonctionner (propriétés, substances, fonctions...) ; — pour découvrir des relations causales possibles qui feront l'objet d'une vérification expérimentale.	1.1. Savoir orienter l'activité sensorielle spontanée vers des fonctions objectives : — développer l'acuité sensorielle pour caractériser une perception avec précision ; — s'étonner devant un fait qui contredit ce qu'on attendait en fonction des représentations spontanées ou du savoir antérieur.	— Savoir reconnaître l'origine du son (hauteur) provenant des différentes clochettes ou savoir ranger des poids voisins contenus dans des boîtes semblables. — Se demander d'où peut venir le liquide au cours de l'observation de la dilatation d'un thermomètre.
		1.2. Savoir observer une situation au cours d'une activité technique pour arriver à une action efficace : — savoir reconnaître que la situation où l'on s'apprête à appliquer une recette technique est différente de la situation habituelle ; — savoir reconnaître à temps les indices de fonctionnement anormal d'un outil ou d'un instrument.	— Savoir reconnaître que le crayon à bille n'écrit pas sur un support trop mou.
	Remarque L'observation même spontanée n'est pas une pure activité sensorielle, car elle est orientée par un critère précis d'investigation.	1.3. Savoir réaliser une observation portant sur une situation ponctuelle en suivant un critère précis, en évitant de confondre ce qu'on attend et ce que l'on constate, en employant les instruments adéquats. Savoir traduire le résultat de l'observation par une relation précise.	— Savoir reconnaître que la flamme du brûleur était mal réglée.
		Savoir décrire la situation spatiale relative des éléments qui constituent un système (y compris les éléments de symétrie...).	— Decrire la position relative des différentes pièces d'une horloge jouet.

	DEFINITION GENERALE DE L'OBJECTIF	COMPORTEMENTS CARACTERISANT DIFFERENTS ASPECTS DE LA MAITRISE DE L'OBJECTIF	EXEMPLES TIRES DES THEMES
Observation (suite)	L'éducation scientifique consiste : — à orienter l'observation par un critère extérieur aux intérêts subjectifs (se mange...) pour y substituer la recherche de relations entre objets ; — à réorganiser explicitement la perception à partir des cadres logiques du sujet : *observation* et *pratiques opératoires* (classement, rangements, substitutions, permutations) *sont toujours liées.* — A préciser et observer les données sensorielles à l'aide d'instruments.	Savoir décrire les stades successifs d'une transformation et dégager éventuellement le caractère cyclique des événements. Savoir constater une corrélation : • corrélation organe/fonction technique ; • corrélation laissant supposer un lien causal. Savoir reconnaître l'appartenance à une classe ou la position dans une série ; savoir procéder à une détermination en s'appuyant sur un arbre de détermination (partitions successives). **1.4.** Savoir coordonner des observations par comparaison de situations différentes pour établir une relation (mêmes caractères et mêmes rubriques que pour 1.3.). Savoir articuler les observations faites dans des conditions différentes (différence de point de vue, d'échelle ; confrontation des données de l'observation globale avec les produits de l'activité instrumentale). Savoir organiser des éléments d'observation discontinue en une trame temporelle cohérente.	— Suivre le déplacement de l'ombre d'un bâton et reconnaître le caractère périodique du mouvement. — Observer que la dissolution d'un morceau de sucre s'accompagne d'une diminution infime du volume. — Savoir reconnaître les caractères du tire-bouchon en rapport avec la fonction. — Corrélation entre la glace fondue et l'eau apparue entre l'apparition de la buée et le refroidissement de la vitre. — Savoir reconnaître l'égalité de poids entre deux objets d'aspect différent ; savoir situer un métal sur une échelle de dureté. — Savoir reconstituer l'organisation d'un appareil à partir de photographies prises sous différents angles. — Savoir situer (simultanéités et successions) les différentes observations qui marquent le passage de l'automne à l'hiver.

	DEFINITION GENERALE DE L'OBJECTIF	COMPORTEMENTS CARACTERISANT DIFFERENTS ASPECTS DE LA MAITRISE DE L'OBJECTIF	EXEMPLES TIRES DES THEMES
Observation (suite)		Savoir construire des classes d'équivalence et ordonner les classes en découvrant des attributs significatifs et en les définissant avec précision. **1.5.** Savoir communiquer les résultats de l'observation sous une forme qui n'appauvrit pas l'information et qui exclut des interprétations subjectives : — savoir articuler schéma et compte rendu écrit ; — savoir choisir le cadrage et l'angle de prise de vue qui permet d'obtenir des photographies significatives. **1.6.** Savoir interpréter une observation en les confrontant à l'ensemble de l'expérience : — savoir coordonner des observations actuelles et anciennes pour imaginer les conditions nécessaires pour reproduire une transformation donnée (chercher à isoler un système pour savoir établir les variables possibles ou pour arriver à l'idée d'une loi par démarche inductive) (la vérification expérimentale est nécesaire pour vérifier les hypothèses suggérées).	— Construire la notion de métal en recherchant les caractères communs (éclat, conductibilité calorifique et électrique), à certaines substances qui semblent apparentées ou comparables. — Reconnaître que des objets de forme très différentes déplacent la même quantité d'eau et que cette propriété dépend uniquement des dimensions des objets. — Traduire la structure d'un batteur par un schéma en limitant le texte aux indications non portées sur le schéma. — Comment photographier une grue pour pouvoir analyser son fonctionnement en classe en vue de la construction d'une maquette ? — Comparer toutes les situations où l'on observe l'évaporation de l'eau pour deceler les facteurs possibles de l'évaporation.

	DEFINITION GENERALE DE L'OBJECTIF	COMPORTEMENTS CARACTERISANT DIFFERENTS ASPECTS DE LA MAITRISE DE L'OBJECTIF	EXEMPLES TIRES DES THEMES
Ms 2. Expérimentation	Maîtriser une relation causale en déterminant les conditions permettant de reproduire le phénomène ; en séparant l'action des différentes variables.	**2.1.** Savoir dégager les variables possibles à partir de tâtonnements successifs ou grâce à la confrontation de résultats différents obtenus à partir de montages se rapportant à un même objectif. **2.2.** Savoir imaginer une expérience faisant varier une seule variable, soit en retouchant par tâtonnement le système initial, soit en concevant un montage nouveau. (Conception d'un montage permettant de vérifier une hypothèse donnée.) Savoir imaginer l'expérience témoin pour vérifier. **2.3.** Savoir réaliser un montage expérimental qui correspond au projet sans introduire de cause d'erreur, par exemple un paramètre non maîtrisé ou une déficience technique (réalisation pratique du montage préalablement imaginée). **2.4.** Savoir interpréter les résultats particuliers lorsque le résultat n'est pas le résultat attendu, ou rechercher le facteur expliquant la différence entre les résultats de l'expérience et les données du livre.	Comparaison entre les quantités d'eau évaporées placées dans différents récipients à différents endroits. Faire varier la quantité d'eau entre deux lots de graines en germination placées au même endroit. Essayer d'imaginer un dispositif pour localiser l'origine de la buée sur la vitre. Ne pas chercher à peser de l'air dans un récipient dont le volume change avec la pression (pneu) ou découvrir la cause de la différence de résultats obtenus en pesant l'air dans un récipient indéformable.

	DEFINITION GENERALE DE L'OBJECTIF	COMPORTEMENTS CARACTERISANT DIFFERENTS ASPECTS DE LA MAITRISE DE L'OBJECTIF	EXEMPLES TIRES DES THEMES
Ms 3. Mesure (La distinction entre repérage et mesure ne semble pas accessible à l'école élémentaire)	— Savoir repérer une grandeur pour préciser une propriété ou une technique. — Savoir présenter les résultats sous une forme permettant la comparaison et la communication des résultats. — Savoir établir une relation quantitative entre 2 grandeurs pour établir ou préciser une loi.	**3.1.** Savoir reconnaître la nécessité de données quantitatives au cours d'une activité technique ou d'une investigation expérimentale. Savoir reconnaître éventuellement l'utilité d'un repérage communicable. **3.2.** Savoir substituer au critère subjectif (perceptif) permettant de définir une grandeur, un critère instrumental objectif et fidèle (l'instrument pouvant être considéré comme une boîte noire le cas échéant) et une technique opératoire qui consiste à noter une coïncidence (index sur une graduation). **3.3.** Savoir exprimer une mesure par un encadrement obtenu : — soit à partir d'une unité usuelle, — soit à partir d'une unité arbitraire susceptible d'être définie sous forme d'étalon en cas de communication à distance. **3.4.** Savoir réaliser pratiquement la mesure en évitant les erreurs systématiques et les imprécisions (instrument usuel ou instrument arbitraire) : — éviter de modifier le phénomène du fait de l'intervention de la mesure et définir des conditions de mesure répétables ;	A quelle vitesse faut-il régler la perceuse pour trouer le béton ? A quelle température faut-il préparer le yaourt ? Quel rapport y a-t-il entre la température et le temps mis pour l'évaporation de l'eau (volume donné, récipient donné) ? Savoir reconnaître que le thermomètre mesure l'impression « de chaleur » en éliminant les erreurs subjectives. Savoir trouver, en cas de nécessité, une unité manipulable pour les mesures de longueur ou les pesées en optimisant les deux exigences contradictoires, précision et rapidité de la mesure. Savoir comparer des masses en utilisant les punaises comme unité dans le premier cas, les masses marquées dans le cas d'une mesure. — Eviter de tremper un gros thermomètre dans un faible volume de liquide mal isolé.

	DEFINITION GENERALE DE L'OBJECTIF	COMPORTEMENTS CARACTERISANT DIFFERENTS ASPECTS DE LA MAITRISE DE L'OBJECTIF	EXEMPLES TIRES DES THEMES
Mesure (suite)		— savoir choisir l'instrument et le vérifier avant l'usage (précision, sensibilité, échelle) ; — savoir appliquer une stratégie correcte et effectuer une lecture exacte ; — savoir interpréter les fluctuations dues à plusieurs mesures se rapportant au même cas : l'écart est-il dû au phénomène ou à la mesure ? Peut-il être réduit ? **2.5.** Savoir traduire graphiquement les résultats de plusieurs mesures : histogrammes et graphiques.	— Savoir choisir une balance fidèle et dont l'échelle permet une précision suffisante. — Savoir éviter les erreurs de parallaxe et les erreurs d'appréciation des graduations ; savoir faire les encadrements avec le minimum d'essais dans le cas d'une balance à poids. — Pourquoi plusieurs mesures successives de la longueur de la salle de classe avec un mètre donnent-elles des résultats différents ? — Savoir traduire les mesures relatives à la croissance du hamster par une courbe de poids.
Ms 4. Généralisation et structuration	— Savoir traduire les données ponctuelles de l'observation et de l'expérience sous la forme de loi ou de modèle permettant de prévoir grâce à un raisonnement déductif. — Savoir dégager des structures générales à partir de relations causales simples.	**4.1.** Savoir dégager une loi par une démarche inductive (confirmation de la relation dans des conditions expérimentales diverses et élimination des variables non pertinentes). **4.2.** Savoir établir une loi à partir des données portant sur un nombre limité de mesures en résolvant les problèmes suivants : — possibilité d'interpolation (dans quel domaine existe-t-il des valeurs intermédiaires ?) ; — recherche de l'opérateur qui lie les 2 termes de chaque couple ? (cas de la relation linéaire) ;	La glace fond à 0° quelle que soit la proportion glace-eau et la rapidité de la fusion. — Dans quelles limites peut-on étudier l'allongement élastique d'un caoutchouc en fonction du poids ? — La masse d'huile est proportionnelle au volume. — Opérateur : rapport du nombre de dents d'un engrenage.

	DEFINITION GENERALE DE L'OBJECTIF	COMPORTEMENTS CARACTERISANT DIFFERENTS ASPECTS DE L'OBJECTIF	EXEMPLES TIRES DES THEMES
Généralisation et structuration (suite)		— tracé du graphique le plus probable permettant de passer de la suite discrète à la série continue et exploitation des données (maximum, sens de la croissance, périodicité, ...). **4.3.** Savoir construire un modèle qui permet de prévoir les résultats d'une expérimentation. **4.4.** Savoir structurer des relations causales simples soit par généralisation, soit par la mise en évidence de chaines ou de cycles.	— Est-il correct de relier les 2 relevés quotidiens de température par segment de droite ? — Savoir expliquer ou prévoir la conservation de la masse au cours de la dissolution en s'appuyant sur un modèle corpusculaire. — Passer de la notion d'air à celle d'état gazeux commun à de nombreux corps. — Passer de l'évaporation de l'eau au cycle de l'eau (réversible). — Cycle de fonctionnement du duplicateur. — Faire apparaître que fusion et vaporisation sont deux changements d'état successifs de nombreux corps.
Ms 5. Application de l'acquis	Savoir appliquer l'acquis à une situation vécue complexe (ce qui entraine par ailleurs son renforcement ou son remodelage).	**5.1.** Savoir réinvestir l'acquis dans une situation proche de la situation scolaire initiale. **5.2.** Savoir investir spontanément l'acquis dans une situation de vie très différente de la situation scolaire.	— Attribuer la buée apparue sur le verre recouvrant la plante à une émission de vapeur d'eau. — Penser à utiliser un aimant pour extraire une pièce de fer tombée dans une fente du parquet. — Utiliser les connaissances sur le circuit électrique simple pour détecter une panne dans une installation domestique. — Utiliser la fixité de la température d'ébullition de l'eau pour contrôler la cuisson (œufs).

C. OBJECTIFS CONCEPTUELS

a) Concepts physiques définis par une relation causale

	DEFINITION GENERALE DE L'OBJECTIF	DEFINITION ANALYTIQUE 1er NIVEAU	DEFINITION ANALYTIQUE 2e NIVEAU
C 1. Espace et forme	Savoir situer un objet dans l'espace, caractériser sa forme et le représenter sur un plan.	— Savoir distinguer la forme et la position dans l'espace (invariance de la forme et des mesures au cours du déplacement) ; savoir distinguer une droite et une courbe. — Savoir identifier les points cardinaux ; savoir situer un élément du paysage par rapport aux points cardinaux. — Savoir situer un objet par rapport à soi-même ; savoir situer deux objets l'un par rapport à l'autre ; savoir reconnaître les relations entre les images d'un même objet vu à des distances et sous des angles différents. — Savoir faire un schéma qui respecte les rapports topologiques entre les parties.	— Savoir reconnaître les éléments de symétrie d'une forme, les similitudes entre formes différentes. — Savoir reconnaître certaines formes géométriques quelle que soit leur situation spatiale, droites parallèles, triangle isocèle, couché, carré en position quelconque. — Savoir dissocier la verticale et le plan horizontal des repères pratiques qui les matérialisent souvent (surface de table). — Savoir repérer un objet en coordonnées cartésiennes ou en coordonnées polaires. — Savoir faire un schéma (ou plan) à une échelle donnée. — Savoir représenter un objet par une projection et une organisation par une coupe suivant des conventions choisies par les enfants.
C 2. Temps et mouvement	Savoir dater un événement, repérer une durée ou un mouvement.	— Savoir dater une série d'événements (établir les coïncidences ou les ordres de succession, repérage à l'aide d'une horloge conçue comme une boîte noire).	— Savoir mesurer une durée à l'aide d'un étalon arbitraire (sablier, horloge à eau, oscillations, pulsations cardiaques) ; comparer les différentes unités.

	DEFINITION GENERALE DE L'OBJECTIF	DEFINITION ANALYTIQUE 1er NIVEAU	DEFINITION ANALYTIQUE 2e NIVEAU
		— Connaître les déplacements quotidiens du soleil (et de l'ombre portée) et leur variation annuelle. — Définir qualitativement la vitesse par ses effets, en particulier par le dépassement.	— Savoir rattacher le temps mesuré par les horloges à des repères astronomiques, en particulier le mouvement du soleil (savoir repérer approximativement le retour de l'ombre à la même direction après 24 heures). — Définir la vitesse comme l'opérateur liant l'espace parcouru et le temps pour un intervalle donné. — Définir le débit par l'opérateur liant le volume à la quantité d'eau écoulée.
C 3. Force et interaction	La force musculaire peut être remplacée par d'autres causes appelées forces (poids d'un corps, attraction d'un aimant) pour produire les mêmes effets ; déformation d'un corps, mise en mouvement d'un corps immobile. Les poids (effet directif lié à un lieu) sont dus en particulier, à une propriété de la matière appelée masse.	— La force musculaire produit une déformation des corps (caoutchouc, ressorts, leviers...) et permet de mettre les corps en mouvement ou de les arrêter. — Le poids d'un corps peut produire les mêmes effets que la force musculaire. — Différents instruments, en particulier la balance, permettent de comparer les poids ou mesurer les poids (ou masses) avec plus de précision que de soupeser à la main.	— Le poids d'un corps, l'attraction d'un aimant ou d'un courant... produisent les mêmes effets que la force musculaire. — Les forces changent la direction et la vitesse d'un mouvement ou permettent de vaincre les frottements. — Le poids d'un corps, en un endroit donné, dépend d'une propriété de la matière appelée masse. Les masses d'un corps se conservent au cours d'un fractionnement ou d'un changement d'état. — Deux forces opposées peuvent provoquer un équilibre ; dans tout système immobile la mise en évidence d'une force d'une partie sur l'autre permet de prévoir une force de sens inverse (interaction).

	DEFINITION GENERALE DE L'OBJECTIF	DEFINITION ANALYTIQUE 1er NIVEAU	DEFINITION ANALYTIQUE 2e NIVEAU
		— La masse de différents objets ne varie pas nécessairement dans le même sens que le volume.	— La masse d'un corps homogène dépend de son volume et de sa nature ; l'opérateur qui lie la masse et le volume s'appelle masse volumique et caractérise la matière et non l'objet.
C 4. Etats de la matière	Une substance donnée se conserve au cours d'un certain nombre de transformations (fusion, vaporisation, dissolution). Un très grand nombre de substances subissent les mêmes transformations réversibles (changement d'état) sous l'effet de la température.	— Beaucoup de substances usuelles peuvent être classées en solides ou en liquides. — L'air est aussi une substance matérielle (état gazeux) ; il est déplacé par l'eau ; il provoque des résistances au mouvement, il est pesant. — L'eau peut exister sous trois états : eau liquide, glace, vapeur d'eau (invisible mais condensable). — Les solides dispersés dans l'eau donnent des suspensions s'ils sont récupérables par filtration ou décantation, des solutions s'ils sont récupérés seulement par évaporation.	— Les corps non décomposables par la chaleur fondent généralement si on les chauffe. — Il existe des gaz différents par leurs propriétés, mais qui sont expansibles, élastiques, et pesants comme l'air ; les fumées et les brouillards par contre sont respectivement des suspensions de particules solides ou liquides dans l'air. — Les liquides non décomposables par la chaleur se vaporisent en particulier par ébullition (les vapeurs sont des gaz). — Parmi les gaz usuels, certains d'entre eux sont particulièrement importants : • Les gaz combustibles. • L'oxygène (constituant de l'air) indispensable aux combustions et à la respiration. • Le gaz carbonique produit par les combustions du charbon et des matières organiques (c'est-à-dire donnant du charbon par calcination). — Les liquides peuvent dissoudre certains solides, liquides, ou gaz ; le corps dissous persiste dans le liquide (addition des masses, persistance de certaines propriétés, réversibilité) ; (le modèle particulaire explique la dissolution).

	DEFINITION GENERALE DE L'OBJECTIF	DEFINITION ANALYTIQUE 1er NIVEAU	DEFINITION ANALYTIQUE 2e NIVEAU
C 5. Chaleur et température	La température caractérise l'état physique d'un corps ; la chaleur permet d'élever la température ou de provoquer des changements d'état.	— Les indications du thermomètre (boîte noire) permettent de repérer objectivement la sensation de « chaleur » ou température au contact d'un autre corps. — Différentes sources de chaleur (flamme, résistance électrique, absorption de lumière) peuvent provoquer une élévation de température.	— L'élévation de température se traduit par des dilatations, des changements d'état, des décompositions, le passage à l'incandescence... ; chacun de ces phénomènes peut servir à repérer la température. — Un corps chaud élève la température d'un corps froid à son contact ; le même effet peut être produit par les différentes sources de chaleur ; l'apport de chaleur est nécessaire pour produire une élévation de température, une fusion ou une ébullition à température constante. — La chaleur apparaît au cours de certaines actions mécaniques : frottements, compressions, chocs.
C 6. Electricité et magnétisme	A l'école élémentaire, le travail recouvre trois domaines distincts : — circuits électriques, — attraction électrostatique, — aimants.	— Une lampe de poche ne peut fonctionner que si les deux bornes de la pile sont reliées aux bornes de lampe par une chaîne de conducteurs (métaux de forme quelconque en contact direct).	— Tout circuit électrique comprend un générateur (ou plusieurs) et une chaîne fermée simple ou ramifiée de conducteurs (conducteurs ou récepteurs utilisant de l'énergie électrique) ; sur tout le trajet on peut observer certains effets : on dit que le circuit est traversé par un courant électrique.

	DEFINITION GENERALE DE L'OBJECTIF	Définition analytique 1er niveau	Définition analytique 2e niveau
		— Les corps électrisés et le fer aimanté exercent une attraction à distance, mais qui porte sur des objets différents ; de plus les aimants ont deux pôles.	— En l'absence de toute autre cause d'orientation un aimant s'oriente suivant la direction N.-S. ; il est dévié par un autre aimant ou par le courant.
C 7. Lumière et son	— La lumière se propage en ligne droite à travers les milieux transparents jusqu'aux surfaces où elle est réfléchie, réfractée, diffusée ou absorbée. — Les qualités « musicales » du son peuvent être expliquées physiquement. — Les ondes hertziennes (radio, TV) se propagent dans l'air ou le vide comme la lumière.	— Les ombres sont provoquées par l'interception de la lumière par un écran. — La lumière se propage en ligne droite (si les ouvertures ne sont pas trop petites). — De nombreux instruments de musique vibrent lorsqu'ils produisent des sons.	— La lumière blanche peut être décomposée en un spectre ; elle peut être obtenue par recombinaison de 3 ou 2 couleurs complémentaires. — La lumière absorbée provoque des échauffements ou des décompositions (elle est une forme de l'énergie). — La hauteur du son dépend de la rapidité des vibrations (fréquence) ; l'intensité dépend de leur « force » (amplitude). — Les ondes de TV se propagent en ligne droite mais ne sont pas arrêtées comme la lumière par les écrans opaques sauf s'ils sont conducteurs.

b) Concepts technolcgiques (définis par la fonction)

	DEFINITION GENERALE DE L'OBJECTIF	Définition analytique 1er niveau	Définition analytique 2e niveau
C 8. Fonction technique	L'utilisation d'un objet technique permet, dans des conditions déterminées, de satisfaire un besoin. Un objet se compose d'éléments ou d'organes qui ont chacun une fonction partielle par rapport à l'ensemble du système.	Pour un usage donné, souvent un seul instrument convient.	— Des instruments différents peuvent avoir la même fonction. Suivant les conditions d'utilisation et de fonctionnement un même objet peut avoir plusieurs fonctions. — Tous les éléments d'un système technique sont nécessaires pour son fonctionnement.
C 9. Sources d'énergie Zones de transformation et d'utilisation d'énergie	— Source d'énergie : une même action peut être réalisée à partir de sources d'énergie différentes où se produit une dépense ou consommation (combustible dépensé, lumière absorbée, travail pour faire tourner la dynamo...). — Récepteur d'énergie : une même source produit des effets différents suivant le récepteur (chaleur, travail...) avec une dépense équivalente. Cette action se fait souvent loin de la source dans une zone de transformation et utilisation d'énergie.	— Un échauffement peut être obtenu par des procédés très différents ; chaque fois, on dépense quelque chose. — Le courant du secteur peut servir à des utilisations différentes : pour chaque utilisation, il y a une dépense enregistrée par le compteur.	— Les sources d'énergie et les récepteurs d'énergie produisent ou dépensent l'énergie en fonction de deux variables ; le temps d'utilisation et une caractéristique de l'appareil appelé puissance. — Les dépenses des différentes sources d'énergie pour une même action peuvent être évaluées quantitativement ; il y a équivalence des différentes sources d'énergie.
C 10. Matériaux	Chaque « matériau » est caractérisé par des propriétés physiques et mécaniques qui expliquent son emploi et son façonnage.	— Savoir reconnaître les propriétés caractéristiques de certains matériaux : métaux usuels, plastique...	— Savoir distinguer et reconnaître par des manipulations simples quelques propriétés mécaniques et physiques usuelles : dureté, résistance au choc, plasticité, malléabilité, résistance à la corrosion, fusibilité, combustibilité.

T. OBJECTIFS PRATIQUES : MAITRISE DES SAVOIR-FAIRE

Ces objectifs ne se rapportent pas à l'acquisition de techniques en rapport avec des apprentissages localisés, de type professionnel, mais définissent les capacités communes à de nombreuses activités pratiques et permettent les apprentissages souples et spécifiques commandés par les situations concrètes. Cependant, les pratiques habituelles de la classe conduisent à la maîtrise intelligente des pratiques suivantes :
— savoir assembler par vis, clous, colle ;
— savoir employer correctement les instruments servant aux tracés ;
— savoir manier un magnétophone, un appareil de projection, un appareil de chauffage, quelques instruments de mesure...

	DEFINITION GENERALE DE L'OBJECTIF	FORMULATONS SOUS FORME DE COMPORTEMENTS 1er NIVEAU	FORMULATONS SOUS FORME DE COMPORTEMENTS 2e NIVEAU
T 1. Emploi efficace de l'objet technique (outil, instrument de mesure, d'observation ou de communication)	Etre capable de choisir l'instrument qui répond au problème posé, de l'employer suivant sa logique et les caractères spécifiques de la situation, de remédier aux incidents de fonctionnement. Etre capable d'apprendre à se servir d'un instrument inconnu.	1.1. Savoir reconnaître l'outil requis pour un travail donné (l'outil étant déjà connu de l'enfant). Ex. : quel outil choisir pour couper un fil de fer épais ou du carton ondulé ?	1.1. Savoir choisir un outil après avoir défini la fonction technique précise de l'outil et comparé les différents outils possibles ; vérifier les réglages qui sont exigés par les conditions de son fonctionnement (tension, vitesse de rotation).
		1.2. Savoir appliquer les gestes requis pour le maniement correct de l'outil ou de l'instrument (l'emploi de l'outil étant connu) ; savoir coordonner les mouvements et appliquer la force musculaire convenable. Ex. : emploi d'une machine à écrire.	1.2. Savoir coordonner les conduites requises pour le maniement d'un instrument en s'appuyant sur la réflexion relative à l'instrument et à la situation particulière (magnétophone, appareil de projection). Savoir régler les différents paramètres de l'instrument (appareil photographique). Rechercher la précision du geste qui permet l'effet optimum (réglage d'un projecteur). Rechercher les solutions relatives à certaines situations particulières (comment enfoncer un clou dans le bois sans le fissurer).
		1.3. Savoir reconnaître un fonctionnement anormal et rechercher une solution par tâtonnement, éventuellement avec une aide. Ex. : rechercher la cause d'une panne de lampe de poche.	1.3. Savoir prévenir les incidents en surveillant le fonctionnement de l'instrument (usure). Savoir rechercher méthodiquement une panne en imaginant une stratégie basée sur l'analyse du système.

	DEFINITION GENERALE DE L'OBJECTIF	FORMULATONS SOUS FORME DE COMPORTEMENTS 1er NIVEAU	FORMULATONS SOUS FORME DE COMPORTEMENTS 2e NIVEAU
Emploi efficace de l'objet technique (suite)		1.4. Savoir appliquer les règles de rangement, d'entretien et de sécurité qui ont été données sur l'instrument (isolement, protection des yeux).	1.4. Savoir prévenir les incidents de fonctionnement et les dangers, non seulement par l'application des règles connues, mais en se référant à des connaissances scientifiques générales (savoir prévoir une cause d'électrocution ou d'incendie, la formation d'un milieu détonant). Savoir prendre en charge, complètement, l'ensemble des travaux d'entretien ou de maintenance qui s'appliquent à l'un des instruments de l'école (duplicateur, magnétophone...).
		1.5. Savoir apprendre à se servir d'un instrument inconnu en procédant par imitation ou par tâtonnement.	1.5. Savoir apprendre à se servir d'un instrument inconnu : — à partir des indications d'une notice (duplicateur) ; — à partir de l'étude préalable de l'objet technique (agrafeuse).
T 2. Construction d'un objet qui répond à une fonction donnée	Savoir construire, réaliser, vérifier et corriger une construction réalisée soit par assemblage d'éléments soit par façonnage des matériaux usuels.	2.1. Construction à partir de boîtes d'assemblage : — savoir réaliser une construction à partir : • d'un modèle, • d'une image, • par tâtonnements, en améliorant le modèle à la suite d'essais successifs.	2.1. Construction à partir de boîtes d'assemblage : — savoir réaliser une construction qui répond à un plan et un descriptif établi au préalable, en utilisant les éléments qui correspondent effectivement à la fonction demandée (y compris la source d'énergie et les organes de transmission du mouvement) ; — savoir critiquer l'objet réalisé : répond-il aux objectifs poursuivis ? Présente-t-il le degré de précision et de fiabilité nécessaires à son emploi ?

	DEFINITION GENERALE DE L'OBJECTIF	FORMULATONS SOUS FORME DE COMPORTEMENTS 1er NIVEAU	FORMULATONS SOUS FORME DE COMPORTEMENTS 2e NIVEAU
Construction d'un objet qui répond à une fonction donnée (suite)		2.2. Construction par façonnage de matériaux : même formulation. En plus : — savoir choisir les matériaux qui correspondent au but recherché et les outils permettant de les travailler. 2.3. Créativité. Cf. attitudes A 2.	2.2. Construction par façonnage de matériaux : — savoir concevoir un projet : recherche d'un plan qui répond aux fonctions exigées ; choix des matériaux ; établissement d'un devis ; — tracé : réaliser les mesures de longueur et d'angles avec la précision maximale ; — façonnage et assemblage : choisir les outils et le mode de travail adéquats et réaliser de façon soignée les travaux successifs ; — contrôle. 2.3. Créativité : — savoir inventer un dispositif original répondant à une fonction donnée (piège à souris) ; — savoir trouver des solutions originales (choix et travail des matériaux) pour réaliser un projet donné.
T 3. Représentation d'un objet technique	Savoir représenter un objet technique soit pour pouvoir le construire en un lieu et temps différents, soit pour expliquer les règles de fonctionnement ou de montage.	Savoir représenter un montage par un schéma topologique inventé par l'enfant sans qu'il soit astreint à des conventions particulières telles que l'application des règles de la géométrie projective.	— Savoir réaliser un schéma en fonction de conventions que l'enfant s'est fixé à lui-même : projection ou coupe suivant un plan donné, respect des proportions, etc. — Savoir appliquer certaines conventions pour la communication à distance, conventions dont la nécessité a été préalablement reconnue.

I b

OBJECTIFS POUR L'EDUCATION MANUELLE ET TECHNIQUE
DOCUMENT POUR LES «COMMISSIONS HABY»

OBJECTIFS DES ACTIVITES TECHNIQUES DE 6 à 14/16 ANS

par J.L. Martinand et V. Host

====

INTRODUCTION

1. Programme d'objectifs ou programme de sujets d'étude ?

1.1. En technologie plus encore que dans d'autres disciplines, la diversité des sujets est considérable, mais se rapporte à un nombre limité d'objectifs de base. Ces derniers seuls devraient faire l'objet d'un programme simple et non linéaire de façon à laisser à chaque maître le choix des sujets d'étude en fonction de l'équipement, du milieu et de la formation des maîtres.

1.2. Les objectifs de base constituent les points de convergence des objectifs élémentaires qui orientent souvent implicitement la pratique pédagogique des maîtres. Il est nécessaire de partir d'un tableau détaillé établi avec l'aide des praticiens pour construire ensuite un tableau synthétique simple.

1.3. Le tableau des objectifs ne dispense cependant pas d'une réflexion sur les sujets d'étude :

- ces derniers commandent, au moins en partie, l'équipement et le profil de formation des maîtres
- un même sujet ne devrait pas être repris plus de trois fois au cours de la scolarité obligatoire, même avec des objectifs différents, sous peine de tarir l'intérêt des enfants
- certains objectifs spécifiques étroitement liés au sujet d'étude sont peut-être souhaitables : un enfant doit-il savoir nettoyer des bougies ou cuire un oeuf à la fin de la scolarité obligatoire ?

2. Objectifs éducatifs et disciplines

Les objectifs des différentes disciplines se recouvrent largement. Il en résulte, non seulement des conflits de compétence périls, mais une diminution considérable du rendement du système éducatif. En particulier, les activités techniques se retrouvent dans la plupart des disciplines et les compétences impliquées par les activités techniques concernent d'autres disciplines, en particulier, mathématiques et sciences. Il ne suffit pas de définir les objectifs, mais il faut préciser les domaines où le professeur technique joue le rôle de coordonnateur responsable et ceux où il intervient comme facilitateur chargé de préparer, renforcer, appliquer un acquis.

3. Objectifs éducatifs et développement de l'enfant. Avant l'étalonnage par niveaux (trois en principe) une distinction fondamentale s'impose : CE

3.1. Au cours du stade des opérations concrètes (du CP à la fin de la 5è pour la majorité des élèves), la pensée logique toujours liée à des situations concrètes se construit en déjouant les pièges de la perception par des opérations, c'est-à-dire des manipulations, intériorisées grâce à la fonction symbolique et au langage. Le maniement des objets techniques et celui de la langue s'appuient sur les mêmes cadres logiques en cours d'élaboration. Certains enfants ont besoin plus que d'autres de s'appuyer sur la 1ère famille d'activités pour le développement de leur intelligence ; les activités techniques permettent de limiter le handicap socio-culturel, mais elles ne sont efficaces que si elles s'insèrent dans une stratégie pédagogique globale qui implique, en particulier, une articulation effective des activités techniques et scientifiques.

3.2. Au cours du stade des opérations formelles acquises progressivement au cours du C.E.S., une distinction tend à se développer entre les activités d'organisation et d'analyse du travail qui relèvent, en principe, de la pensée formelle et les tâches d'exécution et d'adaptation pratique à la complexité du réel qui se situent au niveau de la pensée concrète. L'activité technique ne doit pas aboutir à une coupur précoce entre esprits abstraits appelés à commander et à travailler au laboratoire, et esprits concrets appelés à exécuter, mais à équilibrer les tâches de conception et d'exécution, les activités de laboratoires et d'atelier en individualisant les approches pédagogiques et non les fonctions.

I - OBJECTIFS D'ATTITUDE

A.1. Curiosité :
- Prendre plaisir à maîtriser le fonctionnement d'un appareil inconnu, à le démonter, à le remonter
- Prendre plaisir à se dégager des activités répétitives au cours du jeu ou de la manipulation des objets pour poser des questions débouchant sur un tâtonnement expérimental ou un effort pour trouver la réponse par soi-même.

A.2. Créativité :
- A l'occasion d'un problème pratique, chercher à découvrir des directions divergentes (recherche, explication) au lieu de se satisfaire de la première idée venue
- Prendre plaisir à imaginer des solutions nouvelles en recombinant les données de l'expérience au lieu de reproduire le modèle habituel

A.3. Pensée critique :
- Etre disposé à s'appuyer sur les données de l'expérience pour mettre en question les représentations personnelles ainsi que les affirmations reçues d'autrui

A.4. Recherche de l'action efficace :
- Chercher à réaliser l'objectif fixé de façon autonome au lieu d'attendre ordres et informations
- Etre capable de concentration et de persévérance dans l'effort
- Avoir le souci de la qualité du travail
- Chercher à s'appuyer sur ses connaissances pour résoudre un problème pratique même en dehors du cadre scolaire

A.5. Coopération et communication dans la relation à autrui :
- Etre disposé à respecter les règles de la communication à l'intérieur d'un groupe et à tenir compte de l'opinion d'autrui
- Etre disposé à travailler de façon coopérative au cours d'une activité pratique en équipe

A.6. Respect du travail humain :
- Savoir reconnaître que tout travail doit ou devrait impliquer une compétence et une signification (par exemple chercher à éviter de donner un travail inutile au personnel de service)
- Savoir reconnaître, dans tout instrument ou objet, un produit de l'intelligence humaine qui doit être ménagé et non maltraité

A.7. Rôle médiateur de l'activité technique :
- Etre conscient de ce que l'activité technique nous met en rapport avec les hommes souvent très éloignés et chercher à connaître les implications économiques et sociales de notre travail

A.8. Prise de conscience des implicitations personnelles du travail humain :
- Savoir reconnaître pour soi (choix personnels) ou pour les autres (choix politiques) des implications résultant des modalités du travail (durée, rythme, spécialisation, rémunération)

II - OBJECTIFS COGNITIFS

Quelles sont les capacités intellectuelles (méthodes de travail) développées par les activités techniques et les connaissances de base acquises par l'application de ces méthodes ? Suivant les objectifs considérés, le professeur de technologie joue le rôle de coordination ou de facilitation de l'apprentissage.

C.1. Maîtrise des différents langages :
Savoir appliquer les différents langages au cours de la communication impliquée par les activités techniques.

C.1.1. Savoir traduire les données à l'occasion de l'établissement d'un projet, d'instructions, de comptes-rendus par la langue orale ou écrite ; à cette occasion, acquérir le vocabulaire technique spécialisé qui répond aux bésoins effectifs de la situation pédagogique.

C.1.2. Savoir utiliser le langage graphique comme support du raisonnement, moyen de communication et de mise en mémoire : croquis ou schéma fonctionnel suivant un code établi par le groupe classe en fonction de la situation ; savoir lire un schéma normalisé dont le code est donné.

C.2. Savoir repérer des objets dans l'espace et reconnaître leurs formes (géométrie expérimentale)

- Espace topologique : savoir repérer la position relative des objets et représenter un cheminement
- Espace projectif : savoir représenter un système en projection ou en coupe
- Espace métrique : savoir mesurer une longueur et la représenter à une échelle donnée ; savoir situer un objet sur un système de coordonnées
- Savoir dissocier les formes de la position dans l'espace et des propriétés physiques des objets (notion de volume)
- Savoir reconnaître certaines formes géométriques en fonction d'une définition et non d'une perception intuitive
- Savoir reconnaître les transformations spatiales qui permettent de passer d'une figure à une autre ou à elle-même (symétrie, rotation, translation, homothétie...)
- Savoir développer la surface d'un solide, le périmètre d'une figure plane.

C.3. Savoir repérer une durée, une succession d'évènements, une vitesse:

- Savoir établir une coïncidence temporelle en un même lieu, en des lieux différents
- Savoir comparer, mesurer des durées ou dater des évènements, soit à l'aide de pendules (boîtes noires) soit par repérage à l'aide d'un phénomène astronomique ou physique, considéré comme stable
- Savoir comparer et mesurer des vitesses ou des débits

C.4. Savoir dégager les implications logiques d'une activité technique et les utiliser pour orienter l'action.

- Savoir reconnaître les rapports entre fonctions et les agencements séquentiels et les traduire par un logigramme ou un organigramme

C.5. Savoir analyser les fonctions techniques et les opérateurs techniques

- Savoir décrire les fonctions qui définissent l'insertion et le fonctionnement d'un objet technique
- Savoir reconnaître les différents opérateurs techniques qui assurent une même fonction élémentaire
- Savoir établir les relations quantitatives qui caractérisent l'opérateur technique (ex. Engrenage)

C.6. Savoir maîtriser l'aspect technique, physique, et mathématique de la mesure et donner une définition instrumentale de certaines grandeurs

- Savoir préciser, qualitativement et quantitativement, les conditions technique imposées à une mesure (par exemple, tolérances à admettre). Savoir appliquer les pratiques instrumentales adéquates
- Savoir préciser des conditions physiques de la mesure pour qu'elle réponde au but recherché (conditions répétables, absence de perturbation du système par la mesure ; sensibilité et fiabilité)
- Savoir donner une définition instrumentale de certaines grandeurs physiques couramment utilisées (ex. force)

C.7. Savoir traiter des ensembles de nombres pour rendre les mesures comparables ou établir une loi

- Savoir découvrir ou utiliser un opérateur numérique
- Savoir établir et interpréter un graphique; savoir effectuer une interpolation si elle est légitime

C.8. Savoir séparer les variables par l'expérimentation

- Savoir identifier les variables en s'appuyant sur la pratique technologique ou l'étude de l'instrument (exemple : déduire les variables du temps de pose par l'étude de l'appareil photographique).

C.9. Savoir inventer et utiliser des modèles permettant de simuler une situation (maquette, etc..) et raisonner de façon critique sur l'agencement et le fonctionnement du modèle

C.10. Savoir dissocier et reconnaître certaines propriétés mécaniques et physiques
- liées aux matériaux
- liées aux structures

nécessaires à la réalisation des fonctions techniques élémentaires.

III - OBJECTIFS PRATIQUES (T)

T.1. Développer la maîtrise gestuelle et l'habileté sensori-motrice:
A côté de points de convergence avec la coordination sensori-motrice développée par l'éducation physique (ex. coordination de mouvements dissymétriques des deux mains) l'habileté technique présente des caractères spécifiques :
- elle est soumise à des régulations constantes d'origine externe provenant de l'outil, de la machine, du produit de la situation, orientées soit par la pensée logique (anticipation de l'événement) soit par la perception
- elle implique une vigilance constante ;
- elle doit être souple, adaptable, transférable (évolution rapide des techniq

T.2. Etre capable d'employer efficacement un objet technique (outil, instrument de mesure, d'observation, ou de communication)

T.2.1. Savoir apprendre à se servir d'un instrument inconnu
- à partir de l'indication d'une notice (duplicateur)
- à partir de l'étude préalable de l'objet technique (agrafeuse)

T.2.2. Savoir choisir l'outil requis pour une situation donnée et les modalités de fonctionnement imposées par la situation

T.2.3. Savoir coordonner et adapter les conduites requises par le maniement de l'instrument en tenant compte de la situation particulière (ex. enfoncer un clou sans fissurer le bois)

T.2.4. Savoir prévenir les incidents de fonctionnement, appliquer les règles de rangement, d'entretien et de sécurité

T.2.5. Savoir rechercher méthodiquement les causes de panne

T.3. Etre capable d'organiser le travail sur machine en situation réelle ou simulée information et réglage de la machine, définition des postes de travail

T.4. Savoir appliquer les principales techniques d'élaboration des matériaux
plâtre, poterie, tissage, soudure

T.5. Savoir effectuer des travaux d'entretien (lavages, peinture, cuisine)
- savoir reconnaître les modes de traitements et les produits exigés par le matériel et la situation ; savoir analyser de façon critique l'efficacité de la technique employée
- savoir effectuer les travaux avec le minimum de dépenses de matières premières et d'énergie
- savoir organiser rationnellement la succession des tâches

T.6. Etre capable de concevoir, réaliser et vérifier la construction d'un objet technique

T.6.1. Construction par assemblage d'éléments (mécaniques, électriques, électroniques)
- savoir réaliser un assemblage qui répond à un plan ou à un descriptif donné ou établi au préalable au cours d'un stade de conception
- savoir analyser l'objet construit : réalise-t-il les fonctions demandées ; possède-t-il la précision et la fiabilité nécessaires ? Savoir apporter les corrections nécessaires

T.6.2. Construction par façonnage et assemblage de matériaux
- Savoir concevoir un projet : plan, choix des matériaux, devis
- savoir réaliser le tracé avec la précision nécessaire
- savoir façonner les matériaux (bois, carton, matières plastiques, métaux) et assembler par vissage, collage, etc
- savoir découper et coudre les étoffes

T.7. Savoir traiter et mettre en mémoire l'information exigée par les activités techniques

I c

OBJECTIFS POUR LA PHYSIQUE ET LA TECHNOLOGIE au CYCLE PRÉPARATOIRE

EXTRAIT D'UN RAPPORT DE FIN DE CONTRAT (RÉNOVATION PÉDAGOGIQUE, MINISTERE DES UNIVERSITÉS)

V. HOST, J.-L. MARTINAND, 1979

III - Quels sont les objectifs susceptibles d'être atteints au CP et comment les évaluer ?

3.1. Le point de vue de l'observateur extérieur scientifique : à quels objectifs aboutit-on lorsqu'on conduit les activités du domaine physico-technologique dans une perspective d'éveil ?

3.1.1. Peut-on dire que les objectifs spécifiques de la physique ou de la technologie peuvent être atteints au CP ? Cette question présente deux aspects :

- Peut-on dire qu'un 1er palier de la culture scientifique peut-être atteint par ces activités ? A-t-on intérêt à expliciter cet acquis pour réguler la pédagogie ou suffit-il de porter son attention sur les objectifs d'éducation générale .
- Est-il plus prudent de dire que l'enfant de 6 -7 ans est incapable de maîtriser des objectifs scientifiques et que l'acquis des exercices se limite à des objectifs technologiques ?

Avec les institutrices il a souvent été nécessaire de dissiper une première équivoque : la technologie n'est pas une physique au rabais, la physique de l'artisan par opposition à celle de la NASA ou de la bombe thermonucléaire. Elle a son domaine d'investigation propre et son champ cognitif propre c'est à dire son réseau de concepts et de méthodes : il s'agit de l'ensemble des principes qui permettent de traduire une intention par une action efficace. Cependant à côté de domaines spécifiques, deux disciplines présentent des groupes d'objectifs qui se recouvrent largement par les attitudes et les opérations intellectuelles qu'ils impliquent. De plus au cours de l' activité de résolution de problème le jeune enfant passe constamment d'un point de vue pratique (chercher la réponse à un problème de vie) à un point de vue scientifique (chercher une relation générale indépendante de la situation et de l'évènement) ; de ce fait l'activité intellectuelle d'un enfant donné ne peut pas être toujours qualifiée avec précision. Cela conduit à distinguer 3 domaines :

- les objectifs communs à la physique et à la technologie ;
- les objectifs spécifiques de la technologie ;
- les objectifs spécifiques à la physique.

3.1.2. Objectifs communs à la physique et à la technologie : attitudes e méthodes.

3.1.2.1. L'activité scientifique comme l'activité technologique ne peut poursuivre de façon autonome que si elle est soutenue par des attitudes d'ouverture vis à vis des autres, vis à vis de l'expérience de l'informat ces attitudes expriment à la fois une disposition effective et la conscience de la fonction globale d'un apprentissage : curiosité, créativit autonomie de la pensée, confiance dans sa capacité à connaître et à agir écoute des autres, esprit critique etc. Depuis plus de 150 ans des savan connus, du géologue Hutton aux physiciens Griffith, Morrisson ou Karplus, après avoir observé de jeunes enfants au cours d'activités scientifiques ont été émerveillés par les convergences entre leur propre attitude de recherche et celle des jeunes en train de tâtonner, d'explorer, de construire....

Mais pourquoi y-a-t-il lieu d'expliciter comme objectifs scientifiques des objectifs d'éducation générale qui devraient être poursuivis pendant toutes les activités scolaires ? D'une part parce que les objectifs d'attitude constituent les premiers paliers indispensables à toute culture scientifique : les connaissances scientifiques ne sont opérationnelles que si elles sont constamment appliquées et remodelées à l'occasio des problèmes posés par les phénomènes naturels où les systèmes technique sinon elles se dégradent en une lourde chape dogmatique qui stérilise l'esprit et lui fait accepter tous les stéréotypes pseudoscientifiques. D'autre part parce qu'il est nécessaire de réagir contre une certaine pédagogie de la spontanéité, de la créativité, de la communication qui tourne à vide car elle ne permet pas de mettre en question l'égocentrisme enfantin et d'investir les outils intellectuels qui sont en train de se développer. Or l'activité physique et technologique chez le jeune enfant permet justement d'investir les structures opératoires qui sont en train de se développer lorsque son action propre est aiguillonnée par les attitudes indiquées ci-dessus. Dans ce domaine la psychologie génétique a accumulé un nombre considérable d'observations ; malheureusement ces données sont peu exploitées en pédagogie car on a court-circuité le point de passage obligé par lequel l'éducateur peut avoir une action sur le développement : la maîtrise des méthodes impliquées par la nature de la tâche et qui doivent s'actualiser en fonction du niveau de développement (voir par exemple la mesure et le mesurage).

3.1.2.2. Les méthodes présentent de nombreux points de convergence en physique et technologie.

a) L'observation scientifique ou technologique est orientée par une quest centrée sur la recherche d'une relation spatio-temporelle, fonctionnelle ou causale, ou bien sur la comparaison d'objets ou de situations en vue d'identifier des catégories ou de les opposer ; dans d'autres cas l'obser vation a pour but de confronter une situation (par exemple de lampe qui ne s'allume pas) avec l'ensemble du connu (l'idée que l'on se fait du circuit prenant ainsi son origine ou conduisant à l'étonnement générateur

de questions). Dans tous les cas l'observation n'est pas une simple activité sensorielle mais d'abord une opération intellectuelle qui organise la perception en fonction de cadres logiques et conceptuels que le sujet s'est donnés de façon explicite. L'observation ainsi conçue est effectivement la première opération que les enfants peuvent effectuer dans le domaine scientifique, comme l'ont affirmé les instructions de 45 et 57 ; mais les textes officiels de 45 et 57 et les manuels ont contribué à l'étouffer en la réduisant à un simple constat empirique ("c'est l'objet qui détient la vérité") débouchant sur un apprentissage de vocabulaire alors que les opérations intellectuelles mises en oeuvre (classement, rangement...) étaient détachées de leur fonction et attribuées aux mathématiques. Déconnectée de sa signification (une question conduisant à la recherche d'un invariant technologique ou physique) et des outils logiques qui permettent de l'organiser, l'observation devient une activité formelle sans intérêt scientifique débouchant sur une nomenclature, un résumé (pseudo-récit qui n'a rien d'un texte scientifique), et un dessin exécuté suivant des normes imposées.

L'analyse des rapports montre l'évolution considérable du niveau scientifique de l'observation lorsqu'elle se situe par rapport à un problème dont la résolution s'insère dans une régulation de l'action et implique une confrontation des points de vue; certes l'observation initiale est le plus souvent marquée par une perception à la fois globale et pointilliste, et certains enfants peuvent marquer une forte résistance aux données de l'expérience mais la problèmatique scientifique valorise le recours aux outils cognitifs qui sont en train de se construire : la réversibilité pour analyser une transmission de mouvement, le principe de conservation (interprétation de perceptions successives discontinues) pour concevoir la transformation de l'eau en vapeur au cours du séchage du linge, l'identification d'un attribut comme indépendants de la forme et de la fonction chez tous les objets attirés par un aimant etc... Alors que Zankov s'est contenté de constater le niveau de développement des enfants au cours des 3 premières années de la scolarité primaire d'après la manière dont ils observent (en dehors de toute formation scientifique explicite) on peut émettre l'hypothèse plausible que les exercices scientifiques ou technologiques valorisent et par suite facilitent le développement de niveaux plus élevés si on induit une véritable activité mentale chez les enfants au lieu de leur imposer une manière de voir ou de se limiter à un foisonnement d'impressions subjectives.

b) La séparation des variables et la vérification expérimentale portant sur une variable possible semblent totalement inaccessibles au jeune enfant. Non seulement la démarche hypothético-déductive lui est inaccessible mais les variables du physicien (température, masse, temps...) qui paraissent des données de la perception immédiate aux adultes de formation scientifique sont en réalité des objets construits par la pensée souvent non sans difficulté. Pourtant dès le CP une première approche de la séparation des variables et des relations causale peut être amenée par une démarche technologique qui fait appel à des structures opératoires moins complexes : Dans le jeu " qui a le plus de souffle ?" les enfants se proposent de vider un verre avec une paille ; ils découvrent par tâtonnements successifs qu'il faut partir en même temps, prendre des verres identiques et se donner le même niveau d'eau au départ (visée). Dans ce cas comme dans beaucoup d'autres les variable séparées relèvent de l'expérience ou de la pratique courante (comme les boutons d'un transistor matérialisant l'accès à des fonctions techniques) ; d'autre part la prise de conscience des variables séparées n'a lieu habituellement que s'il y a retour en arrière, réorganisation de ce qui a été fait par un discours qui ne relève pas du récit mais de la

démarche de preuve, c'est à dire formalisation de la démarche de découve ou de la relation établie par le schéma. Les mêmes remarques peuvent êtr faites à propos de la relation causale ; en particulier l'enfant ne véri pas une hypothèse mais compare des situations concrètes qui sont sous ses yeux ou qu'il peut manipuler et qui ne diffèrent que par la présence l'absence de la variable incriminée.

c) Le problème de la mesure et du traitement des nombres sera abordé au IV,2 (rapport avec les mathématiques). Il suffit de constater ici qu la recherche de l'équité des échanges (faire le marché pour pouvoir fabriquer un gâteau) et de l'efficacité de l'action (construction du cer volant) imposant le recours fréquent aux mesures, aux pratiques instrumentales (coïncidences, reports, symétries, quadrillages) aux interprétations de données numériques. En laissant une certaine autonomie aux enfants pour connaître leurs difficultés et leurs représentations on les sensibilise à de multiples problèmes qui leur éviteront plus tard les déboires dûs à des apprentissages précipités.

d) Les problèmes de l'insertion d'un apport d'information extérieur dans activités à dominantes manipulatoires seront abordés plus loin (cf. IV)

3.1.3. Objectifs spécifiques de la technologie. A l'occasion d'exercices de construction ou de problèmes posés à la suite de l'emploi des outils (exemple outils du jardinier) ou de matériaux (conducteurs de courant) on a pu constater que l'analyse technologique permet d'atteindre de premi paliers des objectifs suivants :

- rapport entre fonction globale et organisation;
- reconnaissance et caractérisation de fonctions techniques (partielles) communes à plusieurs instruments et d'organes qui permettent de les réaliser ;
- emploi rationnel d'un outil selon la logique de construction et de fonctionnement de l'instrument (par opposition à l'emploi qui fait de l'outil le prolongement de la main);
- planification d'une suite d'actions pour exécuter un projet au lieu de la succession tâtonnante et anarchique des différentes activités ;
- représentation symbolique (schémas, graphiques) de l'organisation ou du fonctionnement d'un instrument avec recherche et explicitation des conventions permettant la communication (par exemple : flèches pour exprimer une relation déterminée).

Des évaluations réalisées pour l'ensemble des classe de l'école annexe de l'E.N. de Quimper font apparaître un acquis explicite et durable. Pour l'épreuve "vous ouvrez, vous fermez le parapluie devant vous ; explique (dessin, texte) comment on l'ouvre ou on le ferme" on observe au CE1 que les enfants réalisent une analyse fonctionnelle presque spontanée ; au CP en février les trois quarts des élèves complètent le schéma statique par un schéma cinématique (flèche) qui fait apparaître le glissement de l'anneau sur l'axe et le mécanisme d'arrêt. Quelques rares dessins incoh rents sont en rapport avec des perturbations psychologiques individuelles Les élèves investissent dans les activités technologiques des modes de pensée qu'un petit nombre d'entre eux n'est pas encore capable d'investi dans les activités instrumentales intellectuelles. Nous n'avons pas enco eu la possibilité de faire les études de cas se rapportant à ces élèves, sauf pour l'un d'entre eux où la prise de conscience de sa réussite dans domaine technologique a permis un décollage en lecture.

L'analyse technologique s'exerce à la fois à l'occasion des T.M. et des activités d'éveil à orientation physique. La diversité des domain

permet d'éviter les exploitations routinières et répétitives (apporter thermomètre et outils du jardinier). Par ailleurs la maîtrise d'objectifs technologiques conditionne souvent la possibilité d'exploitation physique : la pratique critique des pesées contribue à l'approche de la notion de masse ; c'est la maîtrise progressive des conditions de production et d'étouffement des bruits qui permet de découvrir que le son est produit "quand quelque chose tremble" ; l'habitude des représentations graphiques favorise la découverte des relations spatiales (ombres)

3.1.4. Objectifs spécifiques des sciences physiques. Puisque la démarche au CP se présente habituellement sous forme de résolution de problème elle débouche fréquemment sur une propositiontraduite par une phrase ou un schéma qui fournit des possibilités de prévision ou d'explication (la production des sons a déjà été indiquées ci-dessus) :

"L'ombre est due à l'action d'une source de lumière sur un objet qui fait écran".
"Quand le linge sèche l'eau disparaît dans l'air sous une forme invisible (vapeur)... qui peut redonner de l'eau".
"La bouteille renferme de l'air car ce dernier fait des bulles quand on la remplace par l'eau".

De tels énoncés posent plusieurs problèmes :
- s'agit-il d'énoncés scientifiques ou de simples formules pratiques ?
- doit-on mémoriser de telles connaissances ou faut-il les remodeler sous une forme dite scientifique?

3.1.4.1. Ces énoncés paraissent très éloignés des énoncés classiques des livres de physique du 2e degré :
- Ils sont très souvent qualitatifs (des relations quantitatives non citées ici ont été obtenues principalement dans le domaine spatio-temporel). Ils servent à définir des propriétés (dissociation entre objets et propriétés et identification de catégories communes à de nombreux « objets) à rattacher certaines propriétés à la forme ou à la disposition dans l'espace et d'autres propriétés à la substance (changement d'état). Très souvent l'énoncé se limite à l'opposition entre la présence ou l'absence de propriété (corps conducteurs ou isolants, corps attirés ou non attirés par l'aimant) ; plus rarement les différences entre propriétés conduisent à définir des classes d'équivalence et à les ranger (longueurs, masses, températures). Or la physique du physicien apparaît avant tout comme un système cohérent de relations quantitatives.
- Ils sont ponctuels : la solidification se limite à la transformation glace-eau.
- Ils n'indiquent qu'une partie des conditions qui caractérisent la transformation : la transformation réversible glace - eau ne mentionne pas les conditions précises de température (et de pression), les échanges de chaleur, la conservation de la masse, etc...

Dans ces conditions ne semble-t-il pas préférable de récuser le caractère scientifique de tels énoncés et de les considérer comme de simples règles pratiques au lieu de les considérer comme les premiers paliers conduisant à la construction des concepts de base comme le suggèrent les instructions ?

Nous considérons qu'il est possible et préférable d'adopter le second point de vue car il permet beaucoup mieux d'orienter la pratique pédagogique vers des objectifs opérationnels. Le caractère scientifique d'un énoncé n'est pas lié à sa conformité à une norme et à son degré d'abstraction mais au fait qu'il exprime des relations déterminées qui répondent à un problème précis définissant le champ de validité de l'énoncé. Si ces

conditions sont réalisées un énoncé "honnête" peut être affecté par un changement dans la formulation du problème. Dans les énoncés produits en classes et indiqués ci-dessus un certain nombre de règles méthodologiques caractéristiques de la démarche du physicien ont été appliqués : dissocier les objets concrets et les propriétés qui sont les vrais "objets de la physique ; déterminer et décrire les conditions exacte de reproduction d'un phénomène c'est à dire définir le système ; caractériser une transformation en recherchant l'invariant qui ne se transforme pas (princi de conservation) ; passer pour le temps du rite à la prise en compte de relations causales répétables, identifier les éléments de définition d'un être géométrique et les relations qu'elle exprime, trouver les modes de réalisation d'un mouvement. Par exemle en définissant l'ombre comme le résultat de l'interposition d'un objet opaque entre une source lumineuse et un écran, alors que le réalisme naïf en fait un attribut des objets, on applique implicitement le mode de pensée du physicien (notion de système et d'interaction), ce qui permet de mettre en évidence l'ordre invariant source - objet - écran ; de même l'interprétation de la transformation réversible glace - eau liquide (ou de la transformation eau - vapeur dans séchage du linge) constitue une première approche de la notion de substan qui se transforme (change d'état) sans se détruire alors qu'elle semble disparaître aux yeux du réalisme naïf. Dans la cuisson de l'oeuf à la coqu on définit une série d'équivalences (quantité d'eau ou de sable écoulé, nombre de tours du train électrique etc...)qui caractèrisent la durée physique.

3.1.4.2. Dans tous ces cas, les objectifs directeurs présents à l'esprit de maître et qui orientent la manière d'apprendre sont des concepts méthodol giques. Il y a une manière de construire des notions même très simples qui présente un caractère indéniablement scientifique et développe la pensée scientifique alors que certaines présentation formelles de niveau mathémat que élevé peuvent ne pas présenter ce caractère. De plus, en se conformant aux démarches scientifiques qui sont homogènes aux problèmes à résoudre on est amené à s'appuyer sur les démarches intellectuelles qui caractèrisent le développement de la pensée opératoire concrète que l'esprit maîtrise progressivement à cet âge (Piaget) : dépassement de l'égocentrisme pour caractériser un univers de relations indépendant du sujet, réversibilité opératoire, principe de conservation. Pour résumer on peut dire qu'une notion bien construite ne se réduit pas à une règle pratique mais fait émer ger ponctuellement déjà sous une forme à la fois symbolique et opératoire les concepts de base de la physique comme ceux de matière ou d'énergie. La maîtresse ne cherche pas à donner une première définition de la notion d'énergie - ce serait totalement opposé à une démarche de construction progressive des concepts - mais elle sait que chaque fois qu'elle donne l'occa aux enfants d'établir une équivalence entre différentes manières de produir une certaine quantité d'eau chaude ou un déplacement déterminé elle prépare la construction de ce concept quantitatif intégrateur. Par ailleurs cette prise de conscience des implications scientifiques de l'activité conduit à des exigences de rigueur qui favorisent le développement général et les apprentissages instrumentaux (cf. IV).

3.1.4.3. Les institutrices ont jugé utile de matérialiser ces acquis ponct sous forme de traces qui servent de référence commune à la classe en parti culier comme support pour les apprentissages instrumentaux en lecture et permettent de situer les apports ponctuels ou individuels d'information et d'expérience spécifique. Mais la mémorisation systématique de ces notions vue d'une reproduction à l'occasion de contrôles écrits a été rejetée et e semble constituer une erreur pédagogique. Deux moments préalables doivent à notre avis précéder la mémorisation systématique : d'une part un effort

de structuration qui tend à comparer et regrouper une poussière de données ponctuelles (toutes celles qui se rapportent par exemple aux changements d'état de l'eau) en les rapportant à une idée générale ; d'autre part la recherche d'une même notion sous des exemples différents et sous des signifiants variés (schémas, énoncés différents) pour éviter le verbalisme qui a été vigoureusement dénoncé par les instructions de 1923, 1945 et 1957("le verbalisme est un fléau")mais qui est revenu chaque fois au galop en particulier à cause du poids des manuels qui imposent un signifiant mémorisé après un simulacre d'exploration formelle et autoritaire de quelques minutes.

3.2. Le point de vue de l'institutrice (le "praticien généraliste").

Comment déterminer et évaluer les objectifs susceptibles d'être atteints au CP ? Quelles conséquences en résulte-t-il sur le choix des activités ? Quelles sont les aides indispensables pour pouvoir réaliser ces objectifs ?

3.2.1. La détermination des objectifs.

L'institutrice isolée n'ayant pas de goût particulier pour la physiqu et la technologie et qui cherche des "béquilles" pour réaliser une activité totalement nouvelle est déroutée par le texte des instructions. Alors qu'elle réclame souvent une liste précise de savoirs et de savoir faire à enseigner en se réservant les moyens pédagogiques d'y parvenir, elle ne trouve que des directions de travail dans les instructions.Que signifient pour elle "des conduites et des démarches qui... témoignent de compétences davantage en devenir que caractérisées, d'amorces de savoir faire et de savoirs ?" De même que signifie "approche de la notion de force ou d'énergie". On lui propo des directions mais non des repères et des stratégies qui permettent de les atteindre. Il lui reste à traduire "les objectifs" proposés de l'école élémentaire en objectifs opérationnels du cycle préparatoire non pour imposer un niveau uniforme à la classe mais pour réguler sa pédagogie et pouvoir apporte une aide individuelle aux élèves. Cette inquiétude est légitime : après la rénovation de l'enseignement des mathématiques, les institutrices ont l'impression que l'invitation à l'innovation traduit davantage les incertitudes et les contradictions des décideurs que la volonté d'associer l'ensemble des enseignants aux décisions ; elles craignent d'être mise en cause par l'échec éventuel des réformes en cours.

Avant de caractériser les instruments de travail et les conditions de formation qui pourraient permettre de dominer cette inquiétude et d'éviter une réaction de rejet, il importe de définir les étapes successives d'un itinéraire personnel qui part de la pratique pédagogique actuelle pour réaliser progressivement une initiation physique et technologique assurant effectivement une fonction d'éveil ; comme on ne peut pas réaliser tous les objectifs à la fois il est nécessaire de marquer des priorités. Ces aspects prioritaires concernent dans l'ordre : la manière de conduire un exercice, l'organisation du travail au cours de l'année scolaire et les procédures d'évaluations.

3.2.2. La conduite d'un exercice (avec des objectifs présents à l'esprit).

Il s'agit d'orienter des activités fonctionnelles vers une activité intellectuelle authentique débouchant sur un acquis.

- Au départ les interventions de la maîtresse sont commandées par la volonté de développer les objectifs d'attitude (curiosité, créativité, coopération, écoute d'autrui, etc) dans un cadre qui favorise l'autonomie, la prise de responsabilité, la communication. Elle veille à d'adaptation scolair des élèves en difficulté.

- Lorsqu'un projet commun est défini (et non imposé à priori) elle veille à développer chez les enfants une exigence de rigueur envers eux-mêmes en particulier elle favorise les approches qui impliquent la mise en oeuvre

des opérations intellectuelles les plus élevées dont le groupe d'enfants est capable. A ce stade les objectifs méthodologiques généraux (savoir conduire une observation, rechercher une information, conduire une enquête, symboliser des données, réaliser un compte-rendu oral ou écrit, employer un instrument suivant sa logique etc..)orientent le plus souvent les interventions. La prise de conscience du caractère scientifique de l'activité permet à la maîtresse d'expliciter cet objectif avec plus de pertinence car les méthodes disciplinaires sont des spécifications d'objectifs méthodologiques plus généraux. Parallèlement les exigences de la communication et la symbolisation implique la mise en oeuvre d'objectifs instrumentaux (prise de conscience de leur nécessité, et apprentissages fonctionnels, préparation d'exercices systématiques, transfert en situation , soutien individuel à des élèves en difficulté) qu'elle s'efforce alors d'atteindre.

- Le produit d'une activité scientifique est normalement une connaissance. La difficulté pour la maîtresse tient par exemple à ce que l'activité n'a pas été programmée au départ, elle n'a pas commandé de façon explicite et organisée le sujet de l'exercice et ses propres interventions(par exemple l'explication séchage du linge s'intercale dans un thème sur l'aspirateur). De plus il n'est possible de donner à l'avance un répertoire de tous les énoncés possibles : un énoncé ponctuel est étroitement lié à la situation et à la formulation du problème ; seuls les concepts de base sont susceptibles de formulation (d'ailleurs diverses) indépendantes des situations. Comment la maîtresse qui n'est pas physicienne peut-elle accomplir une tâche qui exige un effort de réflexion de la part du physicien lui-même ? En fait sa participation se révèle possible et même indispensable pour trouver un énoncé valable. La plupart des termes rencontrés dans les exercices cités appartiennent au vocabulaire courant - glace, fondre, vapeur, ombre, dissoudre, son... - d'autre part les exercices réalisés en classe relèvent de pratiques domestiques quotidiennes ; il s'agit avant tout d'évacuer un système de représentations naïves en les mettant en défaut pour expliciter une relation déjà connue du maître et préciser des règles d'action efficaces. Ceci explique que certaines formulations signalées dans les rapports ont été trouvées par les seules institutrices (c'est le cas de la formation de l'ombre) et que le physicien ne peut apporter un concours efficace que s'il est à la disposition des maîtresses pour interpréter des situations de classe et non en imposant son point de vue particulier.

3.2.3. Structuration de l'acquis et planning annuel.

Au cours des deux années écoulées l'effort des institutrices s'est porté principalement sur la manière de conduire un exercice en ayant des objectifs présents à l'esprit et non sur les problèmes d'organisation de l'année scolaire. La planification des exercices n'était donc pas commandée par une suite logique de connaissances à acquérir mais par le souci de trouver des activités physico-technologiques ayant un caractère fonctionnel c'est à dire impliquant un engagement affectif de l'ensemble des enfants, des possibilités d'exploration autonome, de questionnement et de symbolisation ; la suite des exercices physico-technologiques a surtout été commandée par le souci de diversifier les activités et d'explorer les différents domaines suggérés par les instructions. Actuellement il ne semble pas souhaitable d'aller plus loin dans la planification et de se donner un tableau d' objectifs de connaissances à couvrir au cours de l'année scolaire : la diversification des activités suit pour apporter les points d'ancrage nécessaires à une structuration progressive. La tâche la plus urgente semble l'explicitation des objectifs méthodologiques sous une forme opérationnelle ; ceci ne peut être fait à priori mais par une validation empirique et systématique qui demande des essais nombreux et étalés.

Toute pratique pédagogique centrée sur la résolution de problèmes doit être nécessairement prolongée par des activités de structuration ; à cette condition seulement le savoir est déconnecté de la situation d'apprentissage

et intervient de façon cohérente au cours du processus d'intégration de l'information alors que les structures imposées à partir d'exemples jouan le rôle de paradigme concret de référence se révèlent souvent trop rigide pour assurer cette fonction même lorsqu'ils sont bien choisis. Le souci de confronter des acquis ponctuels aux données des sources d'information apparaît dans la plupart des rapports mais il n'a pas été possible de faire une recherche sur les modalités de la structuation.

3.2.4. Les procédures d'évaluation.

Des remarques qui précèdent, il résulte la hiérarchie suivante des procédures d'évaluation :

- Celles-ci doivent porter en premier lieu sur les attitudes. A cette condition seulement le maître peut savoir s'il pratique une véritable pédagogie d'éveil. Non seulement il est difficile de prendre une conscience objective de sa propre pratique mais la pédagogie d'éveil ne relèv pas d'un schéma unique et doit tenir compte du milieu social des enfants il faut stimuler sans engendrer l'angoisse, intégrer l'apport du milieu familial tout en le dépassant... D'autre part l'observation des attitudes permet de dépister certaines difficultés d'adaptation scolaire en particulier l'impossibilité de certains enfants du CP de conduire une activité mentale autonome (l'une des causes des difficulté d'apprentissage de la la lecture d'après Diatkine).

- L'évaluation de la maîtrise des méthodes de travail est soumise à deux exigences : l'une relative à la tâche, l'autre à l'enfant si l'on veut éviter de transformer la maîtrise des méthodes en conditionnement. La tâche impose une orientation "disciplinaire" aux méthodes ; la p en compte de l'enfant suppose que l'on explicite les opérations intellectuelles impliquées par celles-ci.

- L'évaluation des connaissances se fait principalement au cours réinvestissement en situations d'autonomie.

Les procédures d'évaluation suivantes sont été utilisés dans les expérimentaux :

- L'observation des progrès relatifs aux attitudes et à la maîtri globale des méthodes (possibilité de les appliquer à une situation concrète a été réalisée à l'aide de grilles d'observation (les indicateurs se rapportent aux conduites et aux productions des enfants travaillant en autonomie). Les modalités de la construction et de l'utilisation des grilles font l'objet d'une publication séparée. Signalons simplement la difficulté à choisir des indicateurs significatifs (par exemple un indicat de créativité n'est valable que si l'enfant est capable de réaliser la performance recherchée et n'est significatif que s'il met en oeuvre des opérations intellectuelles d'un ordre suffisamment complexe) et la nécessité absolue d'associer les maîtresses à l'élaboration des grilles si ell doivent être autre chose que des outils de chercheur.

- Certains objectifs méthodologiques comme la maîtrise de l'obser vation scientifique et technologique exigent des grilles beaucoup plus précises. Pour pouvoir effectivement identifier ces indicateurs, il est nécessaire de se donner des situations tests où ceux-ci apparaissent néces sairement si l'exercice est réussi.

3.2.5. Il est possible de conclure sur la proposition suivante qui a été l'hypothèse du groupe de travail. Au CP il n'est pas possible d'introduir des activités physico-technologiques spécifiques à priori en fonction d'o jectifs disciplinaires précis à atteindre, en particulier d'objectifs de connaissance : l'enfant de 6 ans n'est pas un physicien en culottes courtes et les scientifiques ne peuvent pas déterminer à priori les objectifs de connaissance qui doivent être atteints. Par contre les act tés du domaine physique et technologique sont introduites pour couvrir

un domaine de vie essentiel ; elles ne peuvent assurer pleinement leur fonction d'éveil et de développement que si l'on explicite leur composante disciplinaire : les objectifs méthodologiques peuvent alors être définis à l'avance car ils sont l'expression dans un champ d'activité donné des méthodes générales de pensée et de travail. Par contre les objectifs de connaissance ne peuvent être explicités que progressivement au cours d'une innovation qui associe les institutrices, les scientifique et les psychologues. Les objectifs d'attitude et de méthodes constituent des repères suffisants pour permettre à une maîtresse de réaliser une actio positive qui articule dès le départ développement général de l'enfant et initiation scientifique. En maîtrisant mieux l'aspect scientifique des a vités elle accroîtra l'efficacité de ses interventions.

En situant ces activités dans une perspective d'éducation généra et en privilégiant les objectifs d'attitudes et de méthode on peut espére éviter les déboires des projets antérieurs : à trois reprises les instructio de 1923, 1945, 1957 ont été profondément dénaturées au cours de leur mise en pratique par les manuels scolaires et les conditions de formation. L'analyse de ces dernières suppose que l'on ait précisé au préalable les relations entre les activités d'éveil physico-technologiques et les apprentissages instrumentaux.

I d

OBJECTIFS
LIBRES PARCOURS 6e

EXTRAIT DU GUIDE DU MAITRE
SCIENCES PHYSIQUES 6e
HACHETTE 1977

LES OBJECTIFS

Un enseignement nouveau dans ses méthodes et ses contenus, comme l'est celui des sciences physiques dans le cycle d'observation, exige qu'une attention spéciale se porte sur les « objectifs ». Il ne s'agit pas de sacrifier à une mode mais de définir le *pourquoi* d'un enseignement scientifique.

Tout le monde connaît les objectifs suivants : « donner un esprit scientifique », « former le sens de l'observation », « initier à la méthode expérimentale », « développer la rigueur et l'honnêteté intellectuelles »... Ils sont des lieux communs des conversations pédagogiques ; ils se retrouvent dans les textes des programmes et de leurs commentaires. En réalité, les enseignants ne s'en servent pas ; ils reproduisent ce qu'ils on vus faire chez leurs maîtres ou leurs conseillers pédagogiques, innovent, mais sans expliciter suffisamment leurs buts, sans ligne directrice précise. L'affaire principale est souvent de « terminer le programme ».

Il serait préjudiciable qu'une telle situation s'installât dans l'enseignement de physique en 6e. D'ailleurs, il s'agit d'un enseignement inhabituel, que les maîtres n'ont pas reçu dans leur scolarité antérieure : ils ne disposent donc pas de modèle à imiter, et c'est une bonne occasion pour adopter une attitude nouvelle. Mais surtout, s'ils sont conscients des caractéristiques des élèves de cet âge, les enseignants vont chercher des *activités* qui s'appuient *sur les capacités et les intérêts des enfants comme sur les possibilités de l'environnement*. Ils ne pourront alors se passer d'un nouvel instrument de travail.

Un tableau d'objectifs a les avantages suivants :

1) Il réalise une nouvelle présentation synthétique de la discipline. Alors que les programmes de sujets traditionnels, sous l'apparente logique d'un catalogue ordonné de questions à traiter, masquent la structure formée par les notions et les lois, ignorent les techniques, méthodes et attitudes qui accompagnent toute activité scientifique, un tableau d'objectifs fait apparaître ces différents aspects. Il permet donc au maître d'acquérir une vision plus profonde de sa discipline et lui fournit ainsi l'outil indispensable pour une interdisciplinarité authentique en montrant où pourront s'établir les liaisons (techniques, méthodes, même objet d'étude...).

2) Il permet une *préparation rationnelle* du planning annuel des sujets d'étude en mettant en relation les objectifs les plus importants et les possibilités locales (les thèmes proposés dans ce livre sont un exemple).

3) Il permet une *préparation fine d'une séance de travail* en fonction des acquis antérieurs et des buts du thème dans lequel il s'intègre.

4) Il met en *évidence les possibilités d'une situation* de classe prévue ou non et guide donc les interventions du maître au cours de la séance de travail.

5) Il fournit quelques indicateurs pour analyser et caractériser les acquis individuels ou collectifs. C'est donc la base des contrôles et des jugements portés sur les enfants ou la classe (cf. chap. *Contrôles*).

Mais il ne faudrait pas pour autant ignorer *quelques difficultés* soulevées par l'utilisation du tableau d'objectifs. Deux d'entre elles nous paraissent cruciales.

La première tient au fait que plus les objectifs sont précis, c'est-à-dire décrivent sans ambiguïté ce qu'on attend des enfants, plus on aboutit à une pulvérisation de ces objectifs. L'ensemble devient inutilisable.

La seconde se rapporte à une incompréhension fréquente de ce qu'est un objectif. Un « objectif » atteint spontanément par les élèves, ou dès la première fois où le maître cherche à le favoriser, n'est pas un véritable objectif pédagogique pour ces élèves. Atteindre un objectif pédagogique demande du temps pour en préparer et en assurer les bases, organiser l'acquis et l'appliquer à des situations diverses. Cela est vrai pour n'importe quelle notion (celle de *volume* ou de *gaz* par exemple), cela est encore plus évident pour une méthode (par exemple maîtriser la démarche de vérification expérimentale d'une supposition), une attitude, ou un savoir-faire. Un objectif est donc ce qui règle les décisions et les interventions du maître.

C'est pourquoi les seuls *tableaux d'objectifs réellement utilisables sont ceux que l'on fait soi-même*, ou mieux dans une *équipe* d'enseignants ayant l'habitude du travail en commun. Si nous proposons pourtant un tableau, c'est pour aider à cette réflexion que chaque maître doit reprendre pour lui-même.

L'autonomie

Avant de préciser quelques objectifs plus directement liés à l'apprentissage scientifique, il convient d'insister sur la recherche d'un objectif très général, celui de l'*autonomie de l'élève*, jamais vraiment atteint et qui concerne l'importance et le niveau des décisions que peut prendre l'élève aux divers moments de l'apprentissage scientifique. Cet objectif met en évidence d'une part l'initiative de l'élève, d'autre part l'action de l'élève car c'est par *son action que l'élève peut développer ses fonctions mentales*. Le développement de l'autonomie signifie simultanément une meilleure insertion dans la vie sociale de la classe (cf. l'objectif de travail en équipe) et une plus grande capacité individuelle de prendre en main son propre développement en faisant appel à l'ensemble des ressources disponibles. Les limites d'atteinte d'un tel objectif sont clairement indiquées dans le chapitre « La classe de sixième ».

DIFFÉRENTS TYPES D'OBJECTIFS

Les objectifs représentent donc ce que nous attendons des élèves à la fin de l'enseignement ou de la période d'enseignement, ce qu'ils doivent être capables de faire (méthode, savoir-faire), de comprendre et savoir (connaissance) ou certaines attitudes que l'on souhaite voir s'installer.

Les objectifs d'attitudes scientifiques

Curiosité : S'étonner et poser des questions devant un objet ou un phénomène.

Travail en équipe : Accepter une répartition des tâches, tenir compte de l'avis des autres, en particulier par des échanges fréquents, assumer sa responsabilité.

Objectivité : Chercher à s'appuyer sur des données vérifiables (par exemple, utiliser les mesures).

Créativité : Émettre des suppositions multiples et imaginer des solutions nouvelles.

Efficacité : Poursuivre une tâche jusqu'à son terme et rechercher la qualité.

Attention à la sécurité : Chercher à prévoir les conséquences d'une action et en tenir compte en la préparant.

REMARQUES

- En règle générale, la rédaction d'un objectif devrait commencer par : « être capable de » (s'étonner par exemple). Afin de ne pas alourdir le texte, nous ne le reprenons pas.
- Les objectifs d'attitudes sont assez malaisés à utiliser pour l'évaluation et il peut même être dangereux de le faire. Ils sont cependant fondamentaux. Le rôle du maître est de les favoriser en dégageant du temps pour les atteindre. La créativité ou la pensée critique ne se développeront pas si les enfants n'ont pas l'occasion de les exercer. Il ne s'agit pas d'une « perte de temps » puisque c'est la seule façon de procéder.

Les objectifs de méthode

1) **Reconnaissance d'un problème** : Reconnaître en face d'un objet, d'une situation ou d'un phénomène qu'il y a un problème à formuler ou des questions à poser.

2) **Observation** : Rechercher des informations objectives, avec ou sans instrument, mais toujours à partir d'une ou de plusieurs questions, ou pour déboucher sur une question.

3) **Documentation** : Rechercher des informations à partir de sources écrites, orales... en fonction de questions préalables ou pour préciser une question.

4) **Invention** : Rechercher des dispositifs permettant de résoudre un problème préalablement formulé.

5) **Formulation d'hypothèses** : Émettre des suppositions pouvant être utilisées dans un raisonnement et destinées à être vérifiées par des expériences, des observations (ou une recherche documentaire).

6) **Contrôle des variables** : Identifier des variables possibles, et isoler l'une d'elles pour étudier ses effets.

7) **Mesure** : Rechercher des données quantitatives pour préciser une propriété ou une relation en utilisant les instruments et procédures appropriées

8) **Évaluation des ordres de grandeur.**

9) **Présentation des résultats** en vue de leur utilisation et de leur communication (tableaux, graphiques...).

10) **Interprétation des résultats** : Pour dégager une conservation, une relation, ou identifier un phénomène.

REMARQUE

Mettre en œuvre certains des éléments de la démarche scientifique est un premier pas vers la réalisation de tels objectifs. On ne voit pas en effet comment les élèves pourraient atteindre de tels objectifs s'ils n'avaient pas l'occasion de rencontrer et de pratiquer eux-mêmes les différentes démarches suggérées (compte tenu bien sûr du domaine scientifique abordé et des capacités de l'élève). A ce titre, ces objectifs sont des indications de ce qui *doit se dérouler effectivement en classe* à divers moments. Mais ces objectifs de méthode ne sont vraiment atteints qu'au second degré d'une démarche, lorsque les élèves, *comparant pour différents sujets d'étude les démarches* qui ont réussi, *prennent conscience* de leurs aspects principaux et cherchent à les appliquer de nouveau.

Les objectifs de connaissances

Propriétés physiques de la matière

1) Forme et volume selon les états physiques.

- conservation du volume des solides et des liquides,
- compressibilité des gaz.

2) Changements d'état physique : solidification, fusion, vaporisation, ébullition, évaporation,

- distinction entre fusion et dissolution,
- distinction entre fumée, gaz, vapeur, brouillard.

3) Notion de masse,

- conservation de la masse lors de transformations (forme, changement d'état) ; la masse caractérise donc mieux la « quantité de matière » que le volume. Elle permet, comme celui-ci, de composer des corps de matière différente,
- unité de masse,
- principe de fonctionnement d'appareil de mesure de la masse.

4) Notion de pression atmosphérique.

5) Notion de température : distinction entre chaleur et température.

Combustions

1) Rôle de l'air dans les combustions.
2) Notion de combustible.
3) Composition de l'air.
4) Produits initiaux et finaux dans une réaction chimique.
5) Combustions complètes et incomplètes - mélanges explosifs.

Circuit électrique

1) Notion de circuit électrique.
2) Éléments d'un circuit : ampoule, interrupteur, fusible...
3) Distinction entre conducteurs et isolants.
4) Effet thermique dans un circuit.
5) Montages série et parallèle - adaptation.

REMARQUES

• Il est important de bien saisir la notion d'objectifs de connaissances : il ne s'agit pas que l'élève *apprenne par cœur* ou soit capable de répéter la définition d'un concept ou d'une notion ou d'une règle. En revanche, il s'agit pour l'élève *de comprendre et d'appliquer à différentes situations rencontrées le concept, la notion, la règle figurant dans les objectifs de connaissance*. Ceci sera analysé plus en détail dans le chapitre sur les contrôles, où on distingue mémorisation d'une part de compréhension ou d'application d'autre part. Ces objectifs de connaissance doivent être atteints comme *résultats de l'enseignement*. Ils n'indiquent pas des démarches à suivre par les élèves (contrairement aux objectifs de méthode) mais des résultats de démarche relevant de la méthode ou des savoir-faire.

• Conclusion : rendre les objectifs plus précis.

Afin d'éviter d'alourdir cette présentation d'un travail par objectifs, nous avons préféré en rester à un certain niveau de généralité. Il conviendrait toutefois que *chaque enseignant* puisse pour lui-même préciser plus en détail et à sa convenance ce qu'il entend par tel ou tel objectif — en particulier, dans le cas des objectifs de *connaissance* et de *savoir-faire*.

Donnons ici à titre purement indicatif le détail possible et non limitatif de l'objectif de connaissance : « distinction entre conducteurs et isolants » :

Atteindre cet objectif pourrait signifier que l'élève est capable de :

— savoir reconnaître expérimentalement si un objet est conducteur ou isolant,

— expliquer le concept conducteur/isolant de la manière suivante : un conducteur permet au courant électrique de le traverser, un isolant ne le permet pas, il ne conduit pas le courant,

— nommer quelques métaux et le charbon comme des exemples de conducteurs et d'autres substances comme étant des isolants (verre, matière plastique, etc.),

— reconnaître que l'eau est un conducteur (même mauvais) et relier ce fait aux questions de sécurité électrique,

— fournir des exemples de l'emploi de conducteurs ou de non conducteurs pour se protéger des courants électriques et des court-circuits,

— décrire les rôles des conducteurs et isolants, par exemple dans un prolongateur électrique,

— etc.

On voit alors comment, en détaillant cet objectif en terme de comportement d'élève, on peut déboucher sur la mise en œuvre de *contrôles* (cf. chap. *Contrôles*).

Les objectifs de savoir-faire

1) Démontage et remontage.

2) Mise en œuvre de techniques et appareils simples :
brûleur à gaz et chauffage,
verrerie,
piles, ampoules, interrupteurs,
séparation des composants d'un mélange,
transvasement et recueil de gaz,
distillation,
adaptation de récepteurs et de générateurs,
associations de piles ou d'ampoules.

3) Emploi d'instruments de mesure :
instruments de pesée, mesure des masses (balance),
thermomètre à liquide,
mesure des volumes de liquides et de solides.

4) Description précise (vocabulaire, syntaxe) (orale ou écrite) d'une expérience exécutée, observée ou en projet.

5) Représentations graphiques : dessin, croquis, schéma :
représenter une observation,
réaliser un montage d'après un schéma ou un croquis.

6) Application des règles de sécurité et d'entretien :
éviter les risques d'explosion,
éviter les courts-circuits, les électrocutions,
remplacer les fusibles.

REMARQUE

Comme dans le cas des objectifs de méthode, les objectifs de savoir-faire décrivent des actions que l'on mettra en œuvre à l'occasion de l'enseignement. Mais ils ne seront vraiment atteints que dans les conditions indiquées pour les objectifs de méthode.

II a

L'ESSAI DU MODULE TECHNIQUES DE FABRICATION

COMPTE RENDU

II

ANNEXES A LA DEUXIEME PARTIE

S O M M A I R E

I

1) PRESENTATION DE L'ANNEXE

2) LES ETAPES DE L'ESSAI

3) DISPARITION ET RESURGENCES

II

4) LE MATERIEL DIDACTIQUE

5) LES DESSINS ET FEUILLES DE GAMMES

6) LES FICHES DE TRAVAIL

7) L'ORGANISATION DES PREMIERES SEANCES

8) LE TABLEAU DES OBJECTIFS

9) PERSPECTIVES DE L'ESSAI pour 75-76

III

10) EXEMPLES DE DESSINS, GAMMES ET FICHES

I

1 - PRESENTATION

Dans cette annexe, nous voulons donner les renseignements nécessaires pour que le lecteur se fasse une idée suffisamment concrète du contenu du "module" et du déroulement de son essai.

Pour donner un caractère plus authentique à cette relation, nous avons repris en II des extraits très larges du rapport rédigé après le stage d'Orléans de juin 75, et publié dans le bulletin du Groupe de Travail de la Commission de Rénovation des Sciences Physiques et de la Technologie à l'usage des "expérimentateurs" (1). Il s'agit de la seconde partie du document, qui concerne le matériel pédagogique, les dessins et gammes de fabrication, les fiches de travail, l'organisation des premières séances, le tableau des objectifs, les perspectives de l'expérimentation (en 75-76). Rien n'a été changé au texte de novembre 75.

Enfin en III nous donnons quelques exemples de dessins, gammes et fiches.

2 - LES ETAPES DE L'ESSAI

La nouveauté du contenu du module a conduit à des investigations et mises au point selon de multiples directions. Nous les rappelons très brièvement ici, puisqu'elles font l'objet du chapitre II,1 de la thèse. Il est possible de distinguer :

- Conception d'ensemble : n'étant ni un survol verbal des "problèmes technologiques" ni un apprentissage professionnel, les activités ont toutes un double caractère : liaison étroite avec la fabrication et méthode globale - non analytique - de résolution des problèmes rencontrés ;

---

(1) J.L. MARTINAND, Techniques de Fabrication, Compte-rendu, *Bull. de liaison* du GTCREP n°2$_1$, 1976, p.58-100.

- Essai du matériel, en particulier des machines (capacité, longévité, sécurité) ;
- Première définition des objectifs pédagogiques, en prenant pour principe de base la spécificité de l'initiation technique. La réalisation d'un tableau des objectifs satisfaisant (pour le technicien et l'enseignant) est loin d'être achevée, à ce moment , mais au fur et à mesure des reformulations en liaison avec l'expérimentation, une convergence apparaît avec les objectifs d'une initiation scientifique ;
- Rédaction des documents pédagogiques : outre les dessins d'ensemble et de détail, et les "gammes" simplifiées de fabrication, tout un ensemble de fiches de travail pour les élèves demandant réflexion, manipulation ou documentation,concernent l'analyse de l'objet fabriqué, les méthodes et techniques de fabrication, les processus de production.

A) En 72, un projet indicatif est proposé devant la Commission de Rénovation de l'Enseignement de la Physique et de la Technologie par J. CHABAL et R. DE PREESTER, alors professeurs à l'ENNA de Saint-Denis. (1)

En 72-73 un premier essai de ce projet est fait avec six élèves de quatrième d'un CES de Paris (Ve arrondissement). En une quinzaine de séances de 1,5 heures, un objet assez complexe (distributeur-changeur de monnaie a pu être construit avec les enfants. Les séances ont été intégralement magnétoscopées, et de nombreuses situations photographiées. Un compte rendu interne a été rédigé. (2)

Les premiers enseignements sont les suivants :

- Possibilité de construire un objet avec les enfants ; mais il s'agit ici d'un cas limite, comportant de nombreuses pièces, presque toutes les techniques de base, et même un automatisme électromécanique. Un nouvel objet est donc conçu, et sa construction essayée au laboratoire : un compresseur.
- Intérêt des enfants pour la fabrication, satisfaction lorsque le montage montre la réussite des opérations antérieures. La motivation ainsi suscitée permet d'effectuer très rapidement les apprentissages nécessaires : mesure au calibre à coulisse, lecture de dessin...
- Goût encore équivalent des filles et des garçons de cet âge pour cette activité ;

---

(1) J. CHABAL, R. DE PREESTER, Initiation scientifique et technique (4e et 3e) document interne de la Commission, 6-72, 10p (manuscrites).

(2) J. CHABAL, R. DE PREESTER, Compte rendu : Module de fabrication - technologie en classe de 4e, 1973, 18p, document interne.

- Intérêt actif pour comprendre le fonctionnement de machines industrielles ou anciennes.

B) En 73-74, un premier essai de formation des maîtres dans le cadre du "recyclage" organisé par l'Université Paris VII (12 PEGC et certifiés, hommes et femmes) a lieu pendant 15 séances de 3 heures avec la réalisation du distributeur de monnaie. Un compte rendu interne a été rédigé. (1)

Parallèlement un essai dans trois classes de quatrième, avec MM. SIMONETTI, P.E.T., . CHOMAT, PEGC et Mlle BARDET, M.A licenciée en physique, a lieu dans les environs de Paris, avec la présence des 3 membres du Groupe de Travail chargé du module pour l'aide et l'observation. L'objet construit est le compresseur, que les trois "expérimentateurs" avaient eux même réalisé à l'avance au laboratoire pour en explorer les difficultés. Une bande magnétoscopée a été enregistrée.

Les enseignements tirés de cette seconde phase ont été les suivants :

- Avec les enseignants, on a pu retrouver, avec plus d'hétérogénéité des attitudes et des difficultés analogues à celles des enfants. Des indications pour une formation préalable des expérimentateurs du module ont pu être dégagées : l'acquisition de la compétence technique minimale (non immédiatement transférable) peut être faite en faisant construire le même objet qu'aux enfants, en réfléchissant aux mêmes problèmes qu'eux, avec quelques compléments théoriques.
- Avec les élèves, il est apparu que si tous, et en particulier les filles, montrent beaucoup d'attrait pour le travail sur machines, la réflexion sur fiches, nécessaire à la compréhension et à la formation technologique réelle, rencontre souvent des réactions de rejet accentuées par les occupations trop prenantes du maître à la surveillance des machines. Un choix doit donc être fait dans les objectifs qui ne peuvent tous être poursuivis.

C) En 74-75, la suite de l'essai du module s'est déroulée dans treize CES dont la liste est donnée ci-dessous Elle a débuté par un stage d'une semaine à SEVRES en juin 73 pour la formation technique de base nécessaire dans la fabrication des petits compresseurs, et préparer le petit matériel d'équipement. Un autre stage d'une semaine a eu lieu à Jussieu , en novembre/décembre 1974, pour terminer le compresseur (chaque CES a reçu en septembre son lot de matériel et les matières), donner des compléments techniques et,

---

(1) R. DE PREESTER, compte rendu de l'opération "recyclage" des professeurs enseignant la technologie et 4e et 3e, 1974, 8p., document interne.

surtout, mettre au point la conception pédagogique du module. Le plan des deux stages est donné ci-dessous.

L'essai proprement dit, qui a commencé avec les élèves en janvier 75, avait pour but primordial de voir s'il était vraiment possible, dans une situation de classe normale (élèves, installations..., type I, II, et même une 5e de transition) de surmonter les difficultés techniques (organisation, surveillance, apprentissages, réalisation) et aussi de juger le matériel (capacités, commodité, sécurité, robustesse, longévité), et les documents pour les maîtres et les élèves préparés par l'équipe parisienne. Les expérimentateurs pouvaient trouver de l'aide auprès de coordinateurs académiques dans les Universités.

Au stage-bilan, organisé à Orléans en juin 75, il est apparu à l'ensemble des expérimentateurs que ce but était parfaitement accessible : sur 77 compresseurs mis en chantiers par 44 groupes d'élèves (classes ou demi-classes), 45 ont été réalisés et, au moment du stage, 16 avaient fait l'objet d'essais. En moyenne, la réalisation demande une durée de l'ordre de 140 heures x élèves. Compte tenu du temps nécessaire à la fabrication, et des aspects multiples pris en charge dans ce module (dessin, analyse technologique...) il est convenu que sa durée est de deux trimestres (c'est à tous points de vue un "module double").

Pour l'évaluation nous disposions à cette époque d'un ensemble de "journaux de bord" hebdomadaires,où devaient figurer l'activité dominante de la classe, et les difficultés rencontrées pendant la séance. Des diapositives dans les classes ont été prises à Lyon et Rennes, des films à La Rochelle, Lyon et Rennes, une bande magnétoscopique à Orléans. Par ailleurs un psychologue de l'Institut National d'Etude du Travail et de l'Orientation Professionnelle a commencé à cette occasion une étude sur les représentations de la machine-outil chez les élèves. (1)

Le compte rendu détaillé du stage d'Orléans occupe la seconde partie de la présente annexe. Il est intéressant cependant de dégager les grandes idées et enseignement de cette première année d'essai sur une large base, car elles n'ont pas été vraiment remises en causes par la suite. Les participants ont confirmé les multiples aspects positifs des activités du module :

- Intérêt et plaisir pris par les enfants, en particulier les filles, au maniement des machines, y compris ceux ou celles qui, à cause de leur pré-

---

(1) D. LEMERCIER, *processus de réalisation, représentation et conduite de la machine-outil* thèse de 3e cycle non publiée, Un. Paris V, 1980.

LISTE DES EXPERIMENTATEURS
en 74-75

GROUPE DE TRAVAIL : - M. CHABAL - M. DE PREESTER
- M. MARTINAND - M. SIMONETTI

Académie (coordinateur)	Etablissement	Expérimentateurs
BESANCON (M. Camelot)	C E S Clairs Soleils Besançon 25000	MM. CONCHE LACOUR
BORDEAUX (M. ROCH)	C E S de garçons Langon 33210	MM. MARGUERAT REA
LYON (M. CHANUT)	C E S du plan du Loup 69110 Ste-Foy-les-Lyon	MM. FARISON PASCAL
NANCY (M. JANOT)	C E S de Toul-Valcourt 54200 Toul route de Valcourt	Mme PERUTA MM. BISCAUT DEMENGEOT
ORLEANS (M. OSTROVETSKY)	C E S Rivière 1035 rue du gal de Gaulle 45160 OLIVET	MM. COULON DUMON
POITIERS (Mme TIBERGHIEN)	C E S St Exupéry Port-Neuf 17000 La Rochelle	MM. BENOIST BARRIBAUD
RENNES (M. Hagène)	C E S Gayeuilles Bd de Vitré 35031 RENNES	Mme QUEFFURUS
TOULOUSE (M. FAGOT)	C E S J. Julien av. des Ecoles 31400 TOULOUSE	MM. SOUILLES VIDAL
	C E S Chaumeton avenue des Pyrénées 31240 L'UNION	MM. VIGNAUD CABANIE
PARIS (M. SOULIER)	C E S rue Richomme, 9, 75018 PARIS	MM. PEZET
VERSAILLES (M. SOULIER)	C E S A. Fournier 44, av. de la Div. Leclerc 92140 CLAMART	M. CHOMAT
CRETEIL (M. SOULIER)	C E S Le Parc Place Camelinat 93600 AULNAY/Bois	Mlle SAGNARD M. LEGERET
	C E S J. Perrin 15, av. Ch. Gide 94270 KREMLIN-BICETRE	MM. DEMERSSEMAN PAUVERT

Modifications en 74-75

abandons (mutation, maladie) :

Mme PERUTA
M BISCAUT

Mlle SAGNARD
M LEGERET

nouveau C E S ; Académie de VERSAILLES

C E S J. Moulin La Norville
91290 ARPAJON

MM GUEVEL
VALLET

PLAN DES STAGES PREPARATOIRES

1er stage

lundi

Objet - dessin - schéma (définition, relations)
étude du fonctionnement d'un compresseur à membrane
problèmes physiques et technologiques ;

mardi

- Lecture de dessins
  cotation
  tolérances, dispersion de fabrication
  gamme de fabrication
  documents pour le module : fiches, dessins, gammes ;

- Présentation des machines à enlèvement de copeaux
  la coupe : vitesses de coupe et d'avance
  angles caractéristiques de l'outil
  mise et maintien en position outil/machine
  pièce/machine

mercredi

- Manipulations élémentaires : montage des éléments de la machine, précision de l'avance, rattrapage des jeux, réglages divers, entretien et maintenance ;

- Montage et équipement initial
  modification des machines
  opérations

jeudi

- Traçage
  découpage
  pliage
  fiches de manipulation

- Opérations manuelles : sciage, débit
  filetage, taraudage
  limage, ébavurage

vendredi

- Travaux d'autoéquipement

- Fabrication d'un compresseur (début)

2ème stage

lundi

- Bilan du travail préparatoire

- Problèmes d'organisation de la classe dans la pré-expérimentation 73-74. Documents pour le maître
  Fabrication en série : démonstration.

mardi

- Objectifs de l'expérimentation du module

- Fabrication

mercredi

- Organisation de la classe pour l'expérimentation.
  Planning d'avancement. Déroulement des séances.

- Fabrication

jeudi

- Fabrication

- Etude des fiches pour élèves : contenu, objectifs, utilisation, relations avec la fabrication.

vendredi

- Montage, mise au point, essai des compresseurs, entretien et rangement du matériel.

- Evaluation du module : prévisions.

vention contre le "technique" et le travail industriel, avaient accueilli le module avec peu d'enthousiasme (demande de changement de classe...) ;
- Accroissement de la curiosité pour l'environnement technique ;
- Développement spectaculaire de l'efficacité et de l'autonomie des élèves dans le travail sur machine. L'enregistrement magnétoscopique (C R D P d'Orléans) d'un même élève à quelques semaines d'intervalle montre bien la diminution de la maladresse et des gestes inutiles, la résolution de plus en plus autonome des multiples problèmes pratiques à résoudre avant une opération (lecture des dessins, préparation du travail...), la diminution du nombre des interventions du maître pour aider l'élève ;
- L'organisation obligatoire de la contribution de chacun à une oeuvre collective développe la socialisation ; certains groupes (LYON) ont demandé à ne pas être dissociés l'année suivante ;
- Les enfants ont très souvent parlé du module avec leurs parents, rétablissant parfois des échanges depuis longtemps coupées ;
- Les parents ont, dans leur grande majorité, été très intéressés, et des réunions très suivies ont été tenues dans plusieurs C E S.

Bien sûr, aussi bien pour les enfants que pour les parents, il est nécessaire de veiller à ne pas attribuer à l'effet du contenu du module, l'intérêt suscité par toute innovation pédagogique sortant de l'ordinaire.

Parmi les difficultés rencontrées lors de cette première expérimentation, les collègues ont signalé :

- Les tâches écrasantes de l'enseignant au dessus de 18 élèves : une classe de 12 élèves serait incontestablement un optimum. En particulier, les premières séances, avec l'organisation du travail, les premiers passages sur machine..., semblent éprouvantes si les problèmes n'ont pas été soigneusement préparés ;
- Les tâches de fabrication sont "envahissantes". C'était prévisible à priori pour un premier essai, et normal puisque l'objectif principal de l'expérimentation était précisément la fabrication. Mais, une fois assurée la fabrication effective - sans laquelle il n'est pas permis de parler d'un module de techniques de fabrication -,ce fait souligne la difficulté de réaliser d'autres objectifs (connaissance du travail, étude des machines, réflexion sur fiches...) ;

- Les fiches ont été utilisées à moitié, non notées et même non corrigées, à cause du manque de disponibilité du maître et du manque d'intérêt des élèves. Il n'y a pourtant pas de "technologie" sans réflexion sur la "pratique" ; déjà, avec la lecture des "feuilles de gamme" pour la fabrication - qui sont plus des énoncés de problèmes pratiques à résoudre que des fiches d'instructions complètes - une telle réflexion est nécessaire ; elle doit se prolonger avec les fiches - énoncés de problèmes théoriques. Mais leur meilleure utilisation demande une meilleure liaison fiches - fabrication, une diminution du nombre de difficultés par fiche, une adaptation plus précise du niveau des difficultés à résoudre et du langage employé ;
- Au cours de la fabrication elle-même, les lacunes des connaissances géométriques (la plupart des enfants ne savent pas ce que sont un rayon, un triangle équilatéral, ne peuvent construire une perpendiculaire à une droite passant par un point...) sont la cause de pertes de temps importantes lors des traçages ;
- Enfin, les dimensions de l'objet construit obligent à travailler aux limites de possibilité des machines (capacité, puissance, précision).

D) En 75-76, un nouvel essai dans le même ensemble de C E S, augmenté du C E S Jean Moulin à La Norville (avec MM. GUEVEL et VALLET), a été effectué avec 23 expérimentateurs et 1000 élèves. Le matériel était celui indiqué dans II, les matières avaient été obtenues sur place. Les dessins et gammes pour le compresseur et les fiches de travail, avaient été refaits à partir des indications du stage d'Orléans.

La situation ministérielle ayant été modifiée (projet de réforme de M. HABY), seul un petit stage de bilan a pu avoir lieu en juin 76 à Sèvres. Il a été consacré surtout à la mise au point d'indications pour les fiches de travail, qui constituent toujours la partie difficile à mettre en oeuvre dans le module, et à un inventaire et une analyse des besoins de formation et d'aide aux maîtres (formation initiale et permanente, entretien du matériel, approvisionnement) apparus lors des essais et des actions de recyclage qui se sont poursuivis à Paris VII et étendus à d'autres Universités : Rennes, Besançon, Lyon, Orléans.

Le stage a pu travailler avec les journaux de bord des expérimentateurs et un questionnaire personnel rempli par chacun, dont le dépouillement détaillé constitue la troisième partie de ce travail de recherche.

Un film de 30 mn a été tourné à cette époque dans les classes de MM PEZET et CHOMAT , de Mme QUEFFURUS et dans le recyclage de Paris VII (M. PEZET) pour la Radio-Télévision scolaire (1). Intitulé *Techniques de Fabrication* il montre les diverses activités des élèves, les problèmes d'organisation de la classe, de formation des maîtres. Il comprend une courte discussion entre MM.GEMINARD et CHARLOT, Inspecteurs Généraux, DELACOTE, responsable du Groupe de Travail, et PEZET, ainsi que des interviews d'élèves et de parents.

3 - DISPARITION ET RESURGENCES

A ce stade; il semblait possible de dégager quelques conditions de réussite pour une éventuelle généralisation :

- du point de vue interne au module, 1) améliorer le contenu, l'orientation et l'insertion du travail sur fiches, support de la réflexion technologique, moyen d'amélioration de la compétence pratique, et nécessité pour permettre à chaque élève d'être occupé. 2) diversifier les objets à construire, donc mettre sur pied un système de conception, sorte de bureaux d'études et de méthodes. 3) essayer de nouveaux matériels (autre machine-outil un peu plus performante).
- du point de vue externe 1) prévoir une formation des maîtres, plus longue et plus systématique que pour les maîtres volontaires des essais 2) organiser les approvisionnements en matières et en pièces détachées, les coûts de fonctionnements, faibles pour de la fabrication étant cependant bien supérieurs à ceux dont les Collèges avaient l'habitude. 3) adapter les conditions de travail en classe en limitant à 18 élèves les effectifs.

En ce qui concerne les améliorations que l'équipe des concepteurs et des expérimentateurs pouvait prendre à sa charge, on doit surtout noter qu'en 76-77 deux nouveaux objets importants,outre quelques tentatives se rattachant à la conception des Travaux Manuels Educatifs, ont été introduits : un pèse-lettre à La Rochelle (M. BENOIST) et surtout un moteur électrique à Paris (M. PEZET) pour lequel le jeu complet des dessins et gammes, essayé et modifié,

---

(1) Techniques de Fabrication _ producteur : J.L. MARTINAND, réalisateur : C. REBOUL OFRATEME 1976
fiche d'accompagnement : J.L. MARTINAND, les techniques de fabrication mécaniques au cycle d'orientation, 76, 7p.

est disponible comme pour le compresseur. Une nouvelle machine a été essayée par ailleurs.

La mise au point du moteur par un des expérimentateur, non spécialiste de construction mécanique et les autres tentatives (objet, déroulement, activités), montrent en même temps l'autonomie prise par rapport aux moyens du module et aussi la fidélité aux conceptions globales. Elles sanctionnent l'atteinte de ce qui était une des ambitions essentielles des concepteurs. Elle ne garantit évidemment pas la réussite d'une généralisation.

D'autant plus qu'à la même époque, 76-77, la "Réforme Haby" est progressivement mise en place, dissociant l'Education Manuelle et Technique des Sciences Expérimentales (1). Les essais du module Techniques de fabrication sont progressivement arrêtés : sans soutien officiel, les expérimentateurs physiciens abandonnent dès 77, quelques PEGC poursuivant l'enseignement de 4e sur les bases du module jusqu'en 78-79 et certains recyclages se poursuivent (avec de moins en moins de succès). Les rapports de synthèse rédigés en juin 77 par les expérimentateurs et les correspondances ultérieures reflètent un certain regret face aux nouvelles orientations.

Il ne faudrait cependant pas en rester à l'impression d'une mort définitive du module. D'abord, la notion même de module signifie un essai systématique d'innovation (contenus, moyens, pédagogie, formation des maîtres et méthode d'essai) et non un produit fini à prendre ou à laisser, à l'image de certains curriculums américains des années 60. Mais surtout, certaines conceptions mises en oeuvre ont pu réapparaître sous d'autres formes.

1) Du côté de l'Education Manuelle et Technique, des stages de formation pour enseignants ont été organisés à l'Université Paris VII (sous la direction de MM. PEZET et THIBAUT en 76 et PEZET et BUNOUF en 78). Des discussions se sont tenues avec des membres de l'Inspection Générale de l'EMT et de la Direction des Collèges, à diverses occasions entre 76 et 79. Mais les orientations qui se dégagent des objectifs, programmes et instruction de 77, ou des programmes pour l'option technologique "technique de l'atelier" de nov. 78 sont très éloignées des conceptions développées dans le module Techniques de Fabrication : objets, matériel, activité, organisation de la classe, mode d'introduction de la réflexion technologique sont presque opposés dans les deux cas. La participation d'une classe poursuivant le module (M PEZET), dans le cadre de l'EMT,

---

(1) Pour les horaires de 4e et 3e : arrêté du 22-12-78, pour les objectifs : circulaires du 29 avril 77 et du 16 nov. 78 (EMT), pour les programmes : arrêté du 16 nov. 78 et pour les instructions : circulaire du 26 avril 77 (EMT) et du 16 nov. 78 (Sciences expérimentales).

à l'exposition sur le Travail Manuel au Grand Palais (du 26-4 au 6-5 1979) apparaît ainsi comme une anomalie traduisant des influences contradictoires.

2) Il faut mettre ce fait en relation avec la réflexion et les essais qui ont débuté à cette époque sous la direction de l'Inspection Générale des Sciences et Techniques Industrielles pour la définition d'une option Technologie Industrielle en 4e et 3e. On retrouve un peu dans les nouveaux textes officiels de l'EMT (1) et surtout dans les textes pour l'option technologique industrielle (2) les idées fondamentales mises en oeuvre dans le module. Mais les ambitions de cette option, les moyens matériels et humains, l'horaire sont beaucoup plus importants : 3 heures par semaine, crédits 10 fois plus importants pour l'équipement, nouvelle filière de formation des maîtres. Des objectifs inaccessibles dans le module figurent donc dans le programme,qui couvre le champ de la technologie de manière systématique et peut être un peu difficile pour les élèves de cet âge.

Les traces de l'essai du module technique de fabrication se trouvent dans les intentions, les démarches ("contrat", "pédagogie de l'action", "dynamique de l'autonomie", choix d'objets courants produits par des industries évoluées), les exemples proposés (on y remarque le compresseur et le moteur, ainsi que les mini-machines-outils).
Il faut cependant souligner ici une différence profonde : le module visait une formation générale pour tous les élèves de quatrième ; il s'agit maintenant d'une option qui, quoi qu'on puisse en penser, aura beaucoup de mal à ne pas apparaître comme préprofessionnelle aux parents et aux enseignants, malgré son contenu et les intentions de ses auteurs.

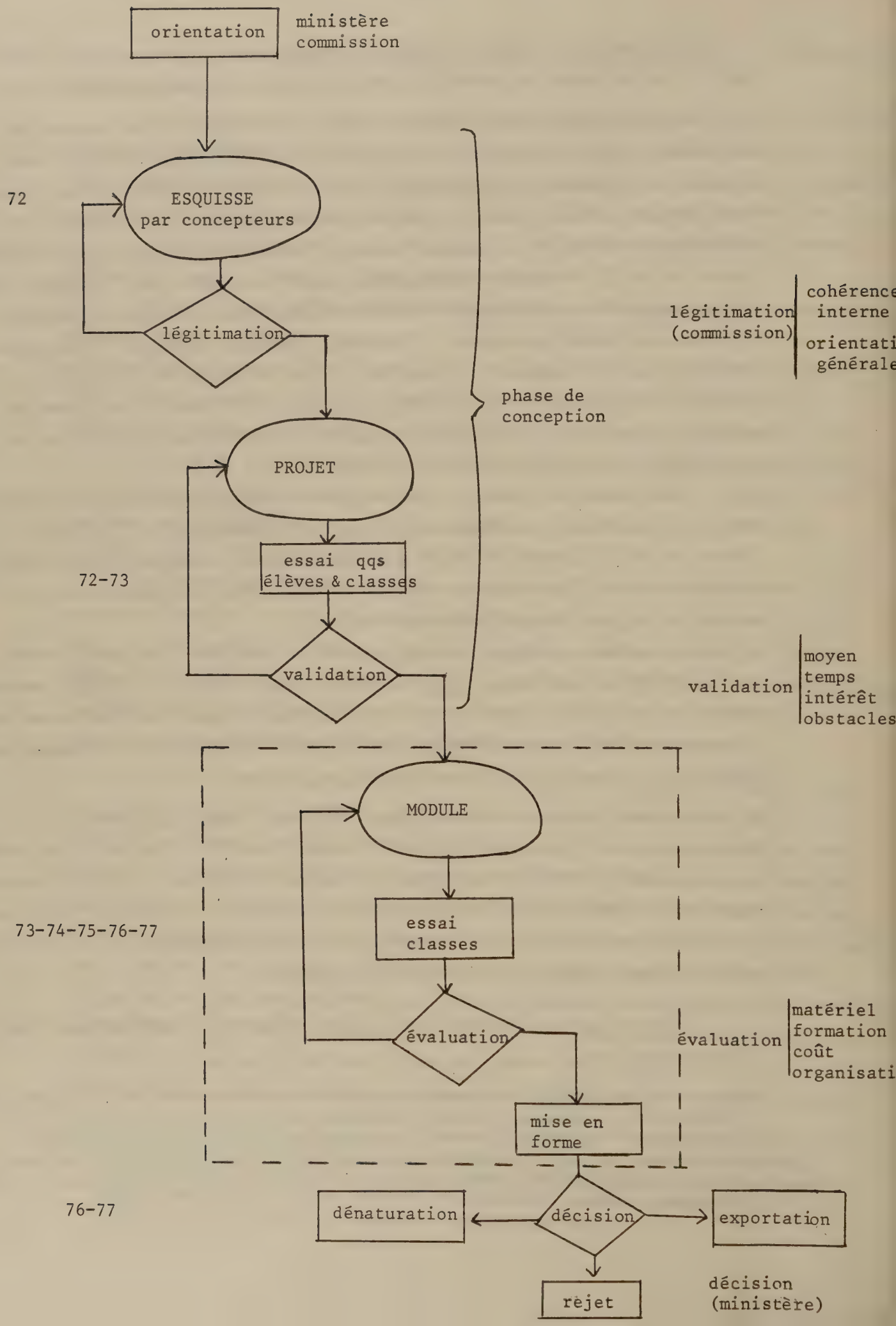
3) Enfin, dans le cadre de la conception du futur Musée des Sciences et Techniques à la Villette, un groupe de travail sous la direction de M. CHABAL, et comprenant M. PEZET, a engagé une réflexion et la mise au point d'expositions et de manipulations accessibles aux visiteurs sur le thème "Fabriquer - du matériaux aux objets" (3). On voit ainsi les prolongements non scolaires, mais tout aussi importants de l'essai du module.

Un organigramme récapitule à la page suivante les différentes phases d'essai du module.

---

(1) Horaires : arrêté du 10-6-80, programme arrêté du 17-6-80.
(2) Programme : arrêté du 17-6-80, instructions : circulaires du 17-6-80.
(3) J. CHABAL rapport de synthèse du groupe de travail du thème "Fabriquer du matériau aux objets", Musée National des Sciences et de l'Industrie, 1980, document interne, 31p.

Organigramme de l'essai



II (1)

4 - LE MATERIEL PEDAGOGIQUE

A)- Le matériel utilisé pour la fabrication comprend (voir liste avec prix ci-dessous p 72) :

- Machine universelle UNIMAT, petite machine (90 W) qui, sur une structure de tour, permet d'obtenir par des transformations simples, les machines traditionnelles (perceuse, fraiseuse, scie circulaire ou à chantourner, meule). Les capacités sont faibles (hauteur de pointe 35 mm - distance entre pointes 160 mm), et introduisent des contraintes très limitatives sur les objets proposés. Mais leurs prix permet d'en utiliser 6 pour un groupe de travaux pratiques;

- Plieuse type INDISPENSABLE K R 2 (EDNOR) Epaisseur maxi : 1,5 mm
  Largeur maxi : 350 mm
  Angle limite de pliage : 70°

- Cisaille à levier type MUBEA 3/3 R Epaisseur maxi : 4 mm
  Longueur maxi : 60 mm

  Cette cisaille ne permet que de couper des coins, et impose le prédécoupage à la cote des tôles utilisées. Une cisaille guillotine type EDNOR (épaisseur maxi 1,5 mm, largeur maxi 600 mm) permettrait un élargissement considérable des possibilités. Mais son prix empêche de l'inclure dans l'équipement du module lui-même ; elle pourrait cependant être utile dans un équipement général du C E S.

Pour élargir à moindre frais les possibilités de travail de la tôle, une poinçonneuse a été adjointe à la cisaille.

---

(1) Rédigé en novembre 1975 à l'issue du stage d'Orléans et en vue de l'essai 75-76.

- Fonderie. Soudage : chalugaz avec brûleur normal et bouteille de butane. Pour la fonderie, l'équipement doit être complété par un statif pour creuset (lors de la première expérimentation à l'E N S, un tel statif avait été étudié par des stagiaires d'E N N A et réalisé en C E T) ;

- Outillage à main : traçace, taraudage, clés...

- Instruments de contrôle : calibres à coulisse, comparateur...

Les matières ont été fournies par le magasin de l'E N S. Pour la suite de l'expérimentation, les matières devront être obtenues localement : entente avec un C E T, achats...

Enfin, les enseignants ont disposé des documents suivants :

- Chevalier et Lecoeur : Technologie élémentaire (DELAGRAVE)
- Lecoeur : Travaux du mécanicien ajusteur (DELAGRAVE)
- Chabal, De Preester, Ducel : Méthodologie de la construction mécanique (FOUCHER)
- Histoire du tour (G T C R E P) ;
- Documents pour les élèves (fiches de travail, dessins, gammes)(GTCREP)
- Un ensemble de diapositives sur les opérations sur machines sera fourni ultérieurement (G T C R E P).

B)- Des critiques et propositions diverses ont été faites après un an d'essai du matériel (il en est tenu compte dans la liste-devis ci-dessous). Il est certain que certaines précautions doivent être prises avec les élèves (tarauds, lames de scies, serrage des boulons en T sur les machines).

En ce qui concerne les machines, des modifications ont déjà été demandées au fabricant, qui en a accepté le principe :

- Augmentation de capacité des mandrins de perçeuse ;
- Double isolation pour toutes les machines ;
- Volants de commande en dural au lieu de matière plastique (ce qui améliorera la lisibilité de la graduation) ;
- Capot protecteur pour les poulies ;

Un défaut de fabrication sur une série de mandrins 3 mors, reconnu par le fabricant, a conduit à les échanger.

Les autres critiques ou remarques concernent :

- Absence de blocage de l'axe en position perçage ;
- Blocages des poupées mobiles ou du traînard (il faudrait nettoyer plus souvent, mais au détriment de l'utilisation) ;
- Puissance insuffisante du moteur ;
- Pas de perçage des pièces intercalaires pour scie (pour le positionnement) ;
- Fragilité des vis en T pour brides de serrage ou porte-outil ;
- Rouille rapide en climat humide ou marin (La Rochelle, Langon).

Par rapport aux premières machines utilisées, une baisse de qualité a été constatée, en particulier pour l'acier des mandrins 3 mors (à mettre sans doute en relation avec la diminution de puissance du moteur).

L'avance longitudinale automatique n'ayant pas été utilisée, malgré son intérêt (automatisation, rapidité et fini) a été éliminée de la liste. Quelques modifications des quantités de certaines pièces ont aussi été faites.

Ces critiques ne doivent pas masquer leur attrait et l'intérêt des enfants à manipuler ces petites machines, qui ne leur font pas peur (en particulier les filles).

Enfin, un fascicule traduit de l'Allemand, donnant des indications pratiques précises aux utilisateurs (séquences de réglage avec photos...) sera fourni à l'avenir, après correction au Groupe de Travail.

C)- N. B. : a) La liste devis ci-dessous, corrigée après le stage d'ORLEANS ne comporte pas seulement le nécessaire pour construire le compresseur (soudage ..)

b) Quelques pièces d'autoéquipement (par exemple pour une fabrication série) ne figurent pas sur la liste. Un fascicule pour le maître sera rédigé ultérieurement à ce sujet.

	MACHINES	prix
1	Plieuse établi indispensable KR 2	2.291,00
1	Cisaille MUBEA 3/3 R	180,00
1	Poinçonneuse établi RC N° 328	210,60
1	Guide N° 32	7,00
1	Poinçon N° 8	3,20
1	Matrice N° 14	3,20
6	Equipement UNIMAT 130 003 comprenant : Banc, poupée, contre-poupée, trainard, porte-outil, porte-meule, plateau à toc, 2 points sèches, colonne de perçage - fraisage avec porte-poupée. Moteur 220 V double isolement. Renvoi à poulie 2 courroies, clé de service. Mandrin 3 mors sur faux plateau, mode d'emploi détaillé	5.950,20
4	Plateaux à toc supplémentaires	353,40
4	Mandrins perçeuse 08	252,00
3	Pointes tournantes 1 roulement 130 230	137,31
2	Lunettes fixes 13C 180	183,06
4	Tables de fraisage à brides 130220	417,08
4	Brides pour table de fraisage (en sus)	68,84
4	Courroies Ø 70 130 091	21,08
2	Courroies Ø 50 130 090	9,18
2	Etaux mobiles 130 120	208,54
1	Diviseur avec 48 disques 130 270	135,00
1	Plateau circulaire pour diviseur 130 280	82,53
2	Jeux de 3 meules plates boisseau et assiette réf. 130 443	73,54
1	Capot protecteur 130 450	39,02
1	Outil diamanté 130 530	64,53
1	Flexible pour mandrin 08 13C 260	210,92
1	Scie circulaire avec guide 130 240	137,25
4	Intercalaires pour scie 130 340	96,12
1	Tourelle Tripan 130 700	292,50
2	Lames scie circulaire bois Ø 90 130 552	66,06
1	Porte-outil simple 13C 701	88,52
4	Outils Tour Carlitt carré 6 x 6 à charioter 45°	75,08
1	Outil " à tronçonner	18,77
2	Outils " à raccorder finition	37,54
2	Outils " dresseur d'angle	37,54
3	Outils " à charioter 20°	56,31
3	Outils " à aléser	56,31
1	Outil " à fileter extérieurement	18,77
2	Outils " à charioter à gauche	37,54
1	Fraise conique 90 Ø 10	18,00
4	Forets à centrer AR 5 x 1,5	39,72
1	Fraise 2 T. Cyl. AR Ø 4	12,63
2	Fraises - 6	28,54
1	Fraise - 8	17,57
1	Fraise - 10	21,96

1	Coffret AR cyl. Ø 1-10 par 0,5 PS 19	86,93
1	Foret AR Cyl. Ø 4 Extra court SN 003	2,01
1	Foret - 5 -	2,38
1	Foret - 6 -	3,29
1	Foret AR cyl. 3.3 Extra court	1,74
1	Foret - 4,5 -	2,20

OUTILLAGE MANUEL

2	Etaux SM 58 F	174,60
1	Chalugaz avec brûleur normal	62,14
1	Bouteille vide consignée camping gaz 904	63,52
1	Pince étau F 500	40,41
4	Presses Darex N° 2 RM 2568	27,20
2	Presses - N° 3 -	16,48
1	Monture de scie GA 3814	10,22
1	Dizaine Lames scie Flex 12 x 300	8,55
2	Clés 44 6 x 7	5,32
2	- 8 x 9	5,80
2	- 10 x 11	6,28
1	- 12 x 13	3,42
1	- 14 x 15	4,16
1	- 16 x 17	4,81
1	- 18 x 19	5,54
1	- 20 x 21	6,68
1	Lime R bat 200 EMB	8,96
1	Lime plate bat. 150 EMB	7,76
1	Lime 1/2 R bat. 200 EMB	12,72
1	Lime - bat. 150 -	10,56
1	Lime triang. bat 150 EMB	9,76
2	Burettes Abrafile BMC	13,50
5	Feuilles toile émeri F	2,80
5	- - - TF	2,80
1	Boite Araldite PM	7,92
2	Tourne à gauche N° 1	25,92
2	Porte filière 25,4	17,72
1	Jeu de porte-tarauds GAR 83 en coffret	13,06
1	Tournevis FOP TO 41 4 x 125	1,95
1	Tournevis FOP TO 61 6 x 150	3,18
1	Tournevis FOP TO 81 8 x 200	4,46
6	Paires Lunettes meuleur SCA 1071	21,06
3	Pinceaux QM soie larg. 30	5,25
1	Pince multip. F 170 EL	9,06
4	Marteaux rivoirs 25 EMP	47,12
4	Pointeaux Ter. 701-3	7,80
1	Manomètre Comap 1017 P Ø 50 0-4 Bars 1/4	13,50
1	Filière AR 25 4 4 x 70	14,40
1	- 5 x 80	14,40
1	- 6 x 100	14,40
1	- 8 x 125	14,40

2	Jeux de tarauds AR 4 x 70	28,62
2	- 5 x 80	28,62
2	- 6 x 100	28,62
1	- 8 x 125	17,42
6	Pieds à coulisse 1/50 MITUTOYO 530 122	356,40
1	Comparateur 1044	79,20
2	Reglets Dela 1045 50	12,44
6	- 1041 20	8,76
3	Compas - 1901-50	46,41
2	Equerres Dela 1257-10	42,86
1	- - 20	34,46
8	Pointes à tracer ord. Dela 1580	5,92
1	Rapporteur Dela 1888	13,85
1	Fausse équerre Dela 1273-12	31,69
1	Marbre Dela 1/20 1450-300 x 200	133,48
1	Trusquin Dela 1563-300	32,25
1	Aimant Eclipse Ø 38 x 11 réf. 828	13,97

TOTAL H. T. 13.821,07

TOTAL TTC 16;585,28

MATIERES POUR 6 COMPRESSEURS

1	Planche Dural ép. 8	72 x 250
4	Barre Dural Ø 14	long. 200
6	Tôle Adx ép. 1	100 x 250
6	- - 1,5	185 x 150
1	Rond Adx étiré Ø 8	long. 240
6	Planche Altuglass ép. 15	80 x 300
2	- 10	70 x 360
1	- 5	45 x 300
1	- 3	30 x 200
1	Planche Perbunan ép. 1	200 x 600
50	Vis acier TC	5 x 45
50	-	5 x 20
50	-	5 x 15
50	-	5 x 10
50	-	4 x 25
50	-	4 x 20
50	Ecrous acier HM	Ø 5
20	-	Ø 8
50	Rondelles éventail acier	Ø 4
50	-	Ø 5
20	Joints toriques Øint 6,4	Ø ext 10,2 corde 1,9
18	ROulements à rotule Ø 8	22 - 7
1	Tuyau sans toile	8 x 12 long 2 m
10	Colliers P M	

(dimensions impératives en l'absence de cisaille guillotine)

Plâtre de dentiste pour moulage (fonderie)

5 - DESSINS ET GAMMES DE FABRICATION

A - Quelques modifications de détail ont été apportées au compresseur ; mais elles affectaient bien sûr un grand nombre de dessins et de gammes correspondantes. Il ne sera plus fait de modifications ultérieurement ; de même, le Groupe de Travail, ne proposera pas systématiquement lui-même d'autres objets techniques à construire, mais le bulletin pourra accueillir les projets intéressants des collègues (dessin d'ensemble...)

B - Les élèves arrivent finalement assez vite à un décodage global, puis de détail, des dessins et des gammes. Il est certain, cependant, qu'au début, des commentaires développés doivent être donnés par le maître. Rappelons aussi que les gammes sont des textes de problèmes pratiques à résoudre pour fabriquer le compresseur, et non des feuilles d'instruction détaillées. Une collection de diapositives pour les démonstrations collectives et un livret UNIMAT sur les opérations à la machine les complèteront.

6 - FICHES DE TRAVAIL

A - Les fiches ont été peu utilisées pour la première expérimentation, d'une part à cause des objectifs de celle-ci (maitriser la fabrication), d'autre part à cause du manque d'enthousiasme des élèves et des difficultés qu'elles comportaient.

Les modifications proposées visent à rendre les fiches moins abstraites et plus compréhensibles pour les enfants, plus courtes (de l'ordre de 30 mn de travail) en limitant les difficultés à résoudre dans chacune, plus complètes (introduction de fiches sur le traçage, réflexion sur une gamme de fabrication).

Comme pour l'ensemble du module, la résolution des fiches est globale : il ne peut être question d'une étude analytique analogue à celle d'une formation professionnelle. L'expérience montre qu'il y a ici un danger de "déviation" très fort.

B - Liste des Fiches de Travail

Les fiches de travail proposées aux élèves doivent permettre une préparation consolidée du travail-machine, une réflexion sur ce travail, enfin une ouverture sur le monde technique.

Elles doivent être réalisées en 30 mn environ, et pour cela présentent un nombre réduit de difficultés.

Elles ne nécessitent pas, pour la plupart, l'aide du professeur, mais souvent la disposition d'une machine.

Enfin, il n'a été défini ni un ordre préférentiel (le numérotage est un repérage) ni un nombre minimum de fiches à réaliser.

a) Fiches préparatoires

1 - Traçage : constructions géométriques
- Utilisation des instruments de dessin
- Définitions et propriétés : médiatrice, bissectrice, triangle équilatéral, rayon et diamètre ;
- Précision, soin .

2 - Instruments de traçage - traçage à plat
- Présentation de pointe à tracer, compas à pointes sèches, équerre à chapeau, rapporteur d'atelier, pointeau ;
- Utilisation correcte ;
- Compréhension d'un croquis.

3 - Traçage en l'air
- Traçage en l'air avec marbre, trusquin

4 - Traçage à la machine

5 - Mesurage : réglet
- Graduations, zéro
- Prise de cote au compas (changement d'origine)
- Prise de cote sur objet
- Lecture en mm

5 - Mesurage : pied à coulisse
- Positions des zéros et des faces mesurantes
- Graduation en mm
- Mesurages avec lecture en mm

6 - Mesurage : pied à coulisse
- lecture du vernier
- Lecture des dixièmes
- Mesurage au dixième

7 - Mesurage : tambours gradués de la machine
- Surface de référence sur la machine
- Correspondance objet-schéma
- Commande des déplacements en transversal et en longitudinal
- Confiance dans la machine

9 - Mesurage : jeux dans la machine
- "Sentir"le jeu
- Admettre la preuve par le comparateur
- Procédure de rattrappage de jeu

10 - Connaissance du tour : terminologie
- Vocabulaire spécifique
- Utilisation d'un document (notice Unimat)
- Respect d'une instruction écrite

11 - Connaissance du tour : mouvements
- Mouvements élémentaires : translation, rotation
- Commande des mouvements
- Transmission mécanique des mouvements

12 - Le compresseur : domaines d'utilisation
- Lecture d'un schéma
- Vocabulaire
- Ordre de grandeur
- Documentation à l'extérieur

13 - Le Compresseur : cycle de fonctionnement
- Correspondance objet-schéma
- Notion de dépression, compression
- Rôle des clapets

14 - Le compresseur : cycle de fonctionnement
- Correspondance objet - dessin
- Vocabulaire : point mort haut - équilibre - point mort bas - course
- Rotation excentrique
- Mouvement et déformation
- Mesure d'après dessin

b) Réflexion à propos de la fabrication

15 - Outils de tour
- Configuration (angles)
- Formation du copeau
- Réglage en hauteur : repère (pointes)
- Orientation (selon l'outil)
- Représentation en projection : vue de gauche

16 - Outils de tour
- Procédure de réglage en hauteur
- Orientation dans le plan et dans l'espace
- Utilisation d'un autre dispositif (porte-outil réglable)
- Reflexion à partir des schémas

17 - Fraises : étude théorique
- Configuration
- Modes d'action (opposition, avalant)
- Jeux internes
- Lecture d'un dessin (vue de dessous)
- Représentation vectorielle des vitesses

18 - Fraises : étude pratique
- Lecture et compréhension d'un schéma

19 - Fraiseuse : mouvements et blocage
- Transformation de la machine

20 - Fraiseuse : mouvements et blocage
- Orientation dans l'espace (système de référence)
- Expression action résultat

21 - Maintien en position de la pièce par rapport à la table
- Bridage
- Fraisage d'un chant
- Plans parallèles
- Schématisation
- Vue de face et vue de dessus (correspondance)
- Dessin en vue de dessus

22 - Circuits mécaniques :
(À partir de plusieurs utilisations de la machine, nommer les organes, liés selon la règle : la pièce et tous les organes qui lui sont liés durant l'avance, l'outil et tous les organes qui lui sont liés durant l'avance)

23 - Circuits mécaniques :
- Fraisage d'une rainure : dans quel sens se forme la rainure ?
- Organigramme
- Décodage
- Notions sur les systèmes de transmission et transformation de mouvement

24 - Perçages :
- Combinatoire
- Codage (arbre)
- Lecture de schémas
- Mouvement relatif
- Diverses possibilités de perçage

25 - Etude des gammes :
(réfléchir sur certaines injonctions ou successions de phases, par exemple pourquoi un chanfrein ? pourquoi dresser une face ? Pourquoi percer un trou de fort diamètre par étapes ? etc...)

26 - Autres possibilités du tour Unimat
- Lunette fixe (réglable)
- Avance automatique (compréhension)
- Montage selon instructions écrites

c) Ouverture sur le monde technique

27 - Production : étude et fabrication
- Vocabulaire
- Décodage d'un organigramme
- Documentation extérieure

28 - Cycle économique
- Informations sur : prix de matières premières, de l'énergie
  salaires
  notion d'amortissement (influence sur le coût de l'objet)
- Temps de fabrication réels
- Comparaison entre le cycle économique et celui du module

29 - Métallurgie
(à partir de documents simples genre B T)

30 - Fonderie
- Informations (films - documents)
- Comparaison avec les autres modes élémentaires de fabrication

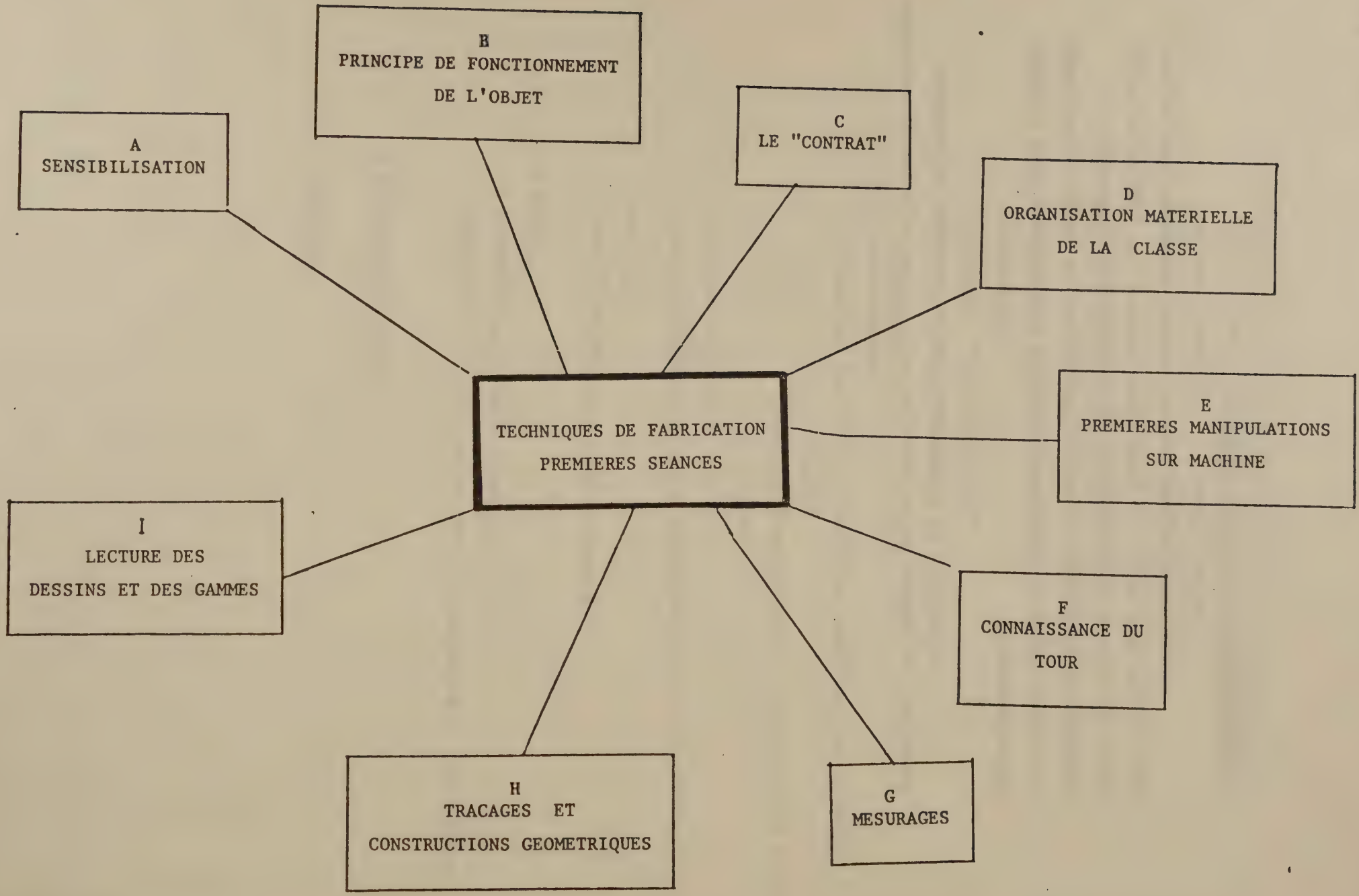
d) Vocabulaire technique

e) Documents

7 - L'ORGANISATION DES PREMIERES SEANCES

Lors des premières séances, de multiples questions doivent être réglées pour mettre en route parallèlement les différentes activités qui doivent converger vers la réalisation du compresseur, la réflexion et la documentation. L'important est de donner un but proche ou éloigné (fabriquer le compresseur) qui motive les enfants à chaque phase successive.

La suite de ce paragraphe passe en revue les différentes questions. Le numérotage ne constitue en aucun cas un ordre de succession.


B
PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT
DE L'OBJET
A
SENSIBILISATION
C
LE "CONTRAT"
D
ORGANISATION MATERIELLE
DE LA CLASSE
TECHNIQUES DE FABRICATION
PREMIERES SEANCES
E
PREMIERES MANIPULATIONS
SUR MACHINE
I
LECTURE DES
DESSINS ET DES GAMMES
F
CONNAISSANCE DU
TOUR
H
TRACAGES ET
CONSTRUCTIONS GEOMETRIQUES
G
MESURAGES

A)- Sensibilisation

Compresseur :

- Enquête à l'intérieur de l'école, utilisation de la fiche 12 (le compresseur)
- Dépouillement de l'enquête ;
- Commentaires sur les compresseurs connus et les propulseurs d'air ;
- Le compresseur : utilisation.

Monde technique :

- Les machines-outils ;
- Le travail productif industriel.

B)- Principe de Fonctionnement de l'Objet

Il pourra être étudié au travers de plusieurs exercices :

- Utilisation d'une maquette ;
- Fiche 13 (cycle de fonctionnement du compresseur) ;
- A cette occasion, on pourra également rechercher sur le dessin d'ensemble les différentes pièces représentées sur le schéma en s'aidant du compresseur monté.

C)- Le "Contrat" (organisation du travail)

- L'organisation peut varier suivant l'effectif d'une part, et les objectifs d'autre part ;
- Au delà de 18 élèves, le module paraît difficilement réalisable (surveillance des machines : max. 12 élèves dans les ateliers de C E T, multiplication des temps morts) ;
- Suivant les objectifs poursuivis, on peut penser à deux "contrats" différents :
    - Si on s'intéresse surtout à la fabrication, il est souhaitable de mettre en chantier 2 compresseurs et d'organiser un travail individuel ;
    - Si on veut utiliser la fabrication pour réfléchir à d'autres problèmes (analyse de l'objet, les machines, le travail...), il est raisonnable de fonctionner avec des binômes et de

fabriquer 1 compresseur et quelques pièces en plus (volant de sécurité) ;

- Les élèves devront réaliser des groupes de pièces choisis de façon à équilibrer les difficultés techniques, les temps de fabrication et les techniques utilisées (un planning prévisionnel sera ainsi établi à partir d'un tableau d'analyse des difficultés et utilisé au fur et à mesure de l'avancement , pour le contrôle des tâches et faire savoir aux enfants où ils en sont).
- Le travail sur fiches et sur machines devra alterner. Un rythme raisonnable est de deux séances aux machines pour une avec fiches ou documents (le temps passé aux machines n'est pas toujours consacré à la production). Avec des binomes, il est possible d'imbriquer plus étroitement temps-machines et temps-fiches ;
- La fabrication-série montée et réglée à l'avance peut être utilisée en début de module pour accélérer l'accès des enfants aux machines, avancer la fabrication et faire apparaître certains aspects du travail productif (document pour le maître, en cours de préparation).

D - Organisation matérielle de la Classe

L'idéal serait d'avoir une"salle-atelier" avec possibilités de rangement.

- Une salle divisée en quatre parties :
  - Machines
  - Traçage et finition
  - Fiches
  - Magasin,

  en insistant sur les besoins en éclairage des deux premières parties.
- Matériel souhaitable (en relation avec les autres modules) :
  - Tables de travaux pratiques à usage multiple (hauteur, tableau d'environ 5 cm, évier...). Mais, on peut à la rigueur utiliser des tables de classe habituelles ;
  - Prises de courant :
    - Alimentation par prises comportant une mise à la terre ;
    - Disjoncteur différentiel.
  - Deux armoires au moins :
    - Machines
    - Outils - matières premières - petits casiers ou panoplies murales.

Présentation des outils, étiquettage :
- Tableau mural permanent présentant le profil des outils.

Présentation des dossiers.

Règles de sécurité : - A afficher et à commenter.

E - Premières Manipulations sur la Machine

Plusieurs solutions ont été envisagées :
a) Les copeaux "gratuits" (paraît peu souhaitable, étant donné qu'on s'est fixé un objectif) ;
et "pièces pédagogiques"
b) Une pièce du compresseur (les outils de tour étant en position)
c) Une pièce du compresseur réalisée par un usinage en série avec machines réglées par le professeur (exemple l'entretoise ou début de l'embout)

Dans les cas b) et c) toutes les machines sont en service et trois ou quatre élèves ont la responsabilité d'une machine.

L'activité peut déboucher sur fiche 10(connaissance du tour : vocabulaire)

F - Connaissance du Tour

Cette connaissance s'effectuera avec la fiche 10(vocabulaire).

Il s'agira d'un travail collectif qui devra s'effectuer avec les machines et qui pourra s'étaler dans le temps. Il est bien entendu qu'on pourra reporter plus loin l'étude des fiches 15 et 16 (outils de tour)

G - Mesurages - Réglets

- Calibre à coulisse (6 et 7)
  Utilisation : prise de cote , lecture.
  La durée de l'exercice ne devrait pas excéder 1/2 heure.

  Les élèves arriveront à une utilisation et une lecture plus sûre en cours de module.

H - Traçages et constructions géométriques

- Fiche 1 (constructions géométriques)
- Fiche 2 (instruments de traçage)

I - Lecture des dessins et des gammes

Il s'agit d'un décodage partiel qui pourra précéder E

a) Dessin :

- Décodage avec la pièce en main, sur dessin à l'échelle 1 ;
- Recherche des cotes ;
- Eventuellement repérer la pièce sur le dessin d'ensemble par coloriage (s'aider du compresseur monté).

b) Gamme :

- Signification de chaque colonne
- Savoir lire paragraphe par paragraphe (phase par phase)
- Etablir la fiche de demande de matériel qui correspond à une phase

c) Il peut être intéressant d'étudier dessins et gammes en parallèle. Il est nécessaire d'imposer aux élèves de travailler sur la gamme et le dessin en même temps.

8 - TABLEAU DES OBJECTIFS

A - Un document ultérieur, à l'usage des enseignants présentera les buts du module (voir Ière partie, 1), quelques remarques sur la constitution et l'usage d'un tableau analytique d'objectifs, le tableau des objectifs pour le module Techniques de Fabrication tel qu'il résulte des discussions avec les expérimentateurs.

B - Le "module" Techniques de Fabrication" ne consiste pas en une suite de leçons rattachées aux connaissances principales d'un programme linéaire d'apprentissages définis à priori. Dans une approche globale (entrelaçant étroitement exercies pratiques, réflexion théorique, fabrication, documentation...) seule la conscience permanente qu'a le maître des objectifs possibles et souhaitables de son action éducative permet de donner à cette action son maximum d'efficacité -par exemple choisir l'aspect dominant de la séance, ou observer et contrôler le travail individuel ou collectif des élèves.

Un tableau d'objectifs a pour but :

- De présenter de manière plus complète la matière à étudier (attitudes, méthodes et non seulement connaissances comme dans un programme) ;
- De permettre une délimitation préalable des orientations principales poursuivies avec l'ensemble du module ;
- D'orienter à chaque instant les interventions du maître en aidant à l'observation objective de la classe.
- De permettre un bilan des acquis, par le maître, mais aussi par les élèves qui peuvent ainsi prendre progressivement en charge leur propre évaluation.

Il n'est pas l'ensemble des objectifs obligatoires, mais au contraire un tableau analytique des objectifs possibles, définis du double point de vue du spécialiste de la discipline et du psychopédagogue.

Rappelons d'autre part qu'un véritable objectif d'enseignement ne s'atteint pas spontanément, ou d'un coup, mais est un point de convergence des acquis d'exercices renouvelés d'initiation et de structuration.

Pour les enseignants qui ont encore peu l'habitude d'utiliser un tableau d'objectif, celui-ci a été partagé en trois colonnes, dont la dernière aidera certainement plus les maîtres dans le premier temps où ceux-ci se posent la question de savoir quoi et comment contrôler chez leurs élèves ("indicateurs d'évaluation "). Il pourront alors remonter aux types d'activités présentes dans le module, et enfin aux objectifs eux-mêmes, définis de manière générale.

Une première série d'objectifs d'attitudes se détache de l'ensemble des autres qui correspondent à des savoirs. Ces derniers se partagent en objectifs d'ordre pratique (compétences ou "savoir-faire" et performances) et objectifs d'ordre cognitif : méthodes, avec maitrise des langages d'une part, des démarches d'autre part, et connaissances, qui viennent ici volontairement en dernier lieu.

C - Tableau des Objectifs possibles

	OBJECTIFS - DEFINITION	TYPES D'ACTIVITE	INDICATEURS D'EVALUATION (exemples)
ATTITUDES	Curiosité : prendre plaisir à manipuler, fabriquer ou analyser des objets ou des problèmes techniques, à rechercher de la documentation	(Il n'y a pas d'activités spécifiques développant par elles-mêmes des attitudes)	- Observations spontanées et hors la classe - Manipulation, interrogation des personnes compétentes
	Efficacité : Chercher à réaliser une tâche le plus rapidement et conformément à des exigences de qualité	- Toutes activités fabricatrices hors des périodes de recherche de solution - "Méthode" dans la recherche des éléments de réponse à un problème	- Nombre d'actes non nécessaires, irrationnels - Vitesse d'avancement du travail, nombre d'arrêts dans la progression.
	Autonomie : - Réaliser seul une tâche préalablement définie - Prendre la décision lorsque les éléments de la solution sont rassemblés. - Contrôler son propre travail.	- Tâche de fabrication unitaire	- Nombre d'interventions demandées à l'extérieur (maître...) - Capacité d'assumer les décisions ou les engagements - Capacité de s'arrêter avant l'acte irréparable - Qualité des exécutions (précision)
	Socialisation : - Etre capable de coopérer avec les autres (communication, travail) - Avoir conscience de sa responsabilité par rapport au matériel et par rapport aux autres - Faciliter et organiser les activités collectives	- Toutes les activités où le but collectif précisé dans un "contrat" est perceptible et formulable par par les enfants : organisation du travail, tenue d'un planning...	- Respect du matériel et du travail - Entr aide entre camarades - Intérêt pour l'avancement du travail collectif

PERFORMANCES	Perceptions : être capable de différencier les signaux (bruits) résistances mécaniques, distances) caractéristiques d'un fonctionnement normal ou anormal	- Mesures : évaluation des coïncidences - Choix d'une clé de diamètre adéquat - Chariotage à la machine - etc...	- Qûalité de l'évaluation (± 0,5..±0,1..) - Nombre d'essais infructueux - Arrêt on non lors de bruits anormaux
	Régulation du geste : réguler les gestes en fonction des résultats prévus et à partir des perceptions accompagnant l'opération	- Toutes les opérations manuelles - Opérations sur machines	- Maintien d'une direction : taraudage, - sciage - Nombre de résultats non conformes : serrage insuffisant ou' trop fort - Casse
	Orientation spatiale : être capable d'effectuer ou d'imaginer une opération dans une situation faisant intervenir les 3 dimensions de l'espace	- Tracés - Utilisation d'un système vis-écrou - Etc...	- Erreurs conduisant à des résultats inversés (déplacements, angles) - Temps nécessaire pour déterminer un sens de rotation - Etc...
COMPETENCES	Etre capable d'utiliser efficacement un instrument ou un objet : - Choisir l'outil adapté à un travail donné - Utiliser un outil selon ses possibilités et en se conformant aux règles de sécurité - Entretenir l'outil en bon état	Mesures - tracés - montages préliminaires (pièces, outils...) - réglages - entretien	Utilisation d'outils inadaptés ou mauvaise utilisation de ceux-ci - Non-respect des règles de sécurité (lunettes, vérification des ablocages...) - Nettoyage des instruments - Signaler les instruments en mauvais état

MAITRISE DES LANGAGES

Langue commune : savoir utiliser les différents niveaux de langue orale ou écrite, en particulier dans la communication nécessaire à la fabrication où à l'étude de problèmes technologiques (usage du vocabulaire spécifique)	- Rédaction d'un bon de commande - Lecture de fiches - Compte rendu d'enquête - Discussion collective d'un problème	- Nombre de termes précis remplaçant gestes ou périphrases - "Clarté" dans l'énoncé d'une réponse ou d'une question
Représentation graphique : - Savoir tirer des dessins techniques les informations nécessaires à la fabrication - Savoir décoder les différents types de schémas ou de dessins utilisés pour un raisonnement - Utiliser pour la communication ou la mémorisation des dessins ou schémas en intégrant tout ou partie de la normalisation	- Lecture des dessins d'ensemble et de détail - Travail sur fiches - Analyse de l'objet ou de la machine	- Erreurs d'identification ou d'interprétation des dessins - Recours spontanés à l'expression graphique : croquis, schéma...
Relations numériques : être capable de maîtriser les structures numériques additives et multiplicative	- Recherche de cotes non explicitées sur un dessin - Recherche d'une règle empirique pour le pliage - Calcul d'une avance	- Erreurs numériques

DEMARCHES

- Savoir analyser les fonctions et l'organisation technologique d'un objet	- Etude du compresseur Fiches sur le fonctionnement - Etude de la machine-outil : montage, lecture de la notice...	- Description cinématique d'un mécanisme - Prévision de l'action sur un mécanisme - Transfert à un autre type de machine de la démarche (histoire du tour)
- Savoir analyser la dépendance des différentes opérations dans une activité de fabrication	- Enchainement temporel des opérations pour une pièce - Organisation du poste de travail pour une opération unitaire ou en série - Organisation du travail collectif	- prise des repères avant démontage - Repartition des spatiale des éléments du poste de travail - Qualité des réglages élémentaires (ex rattrapage des jeux...) - Capacité d'organiser un montage partiel ou total - Prévision du matériel nécessaire
- Savoir conduire une expérimentation pour aboutir à une loi empirique ou vérifier une hypothèse	- Recherche d'une règle empirique pour le pliage de la tôle - Essai et détermination des performances	
- Savoir effectuer une déduction en situation concrète en utilisant des notions et lois générales.	- Utilisation de la notion de circuit mécanique pour vérifier un montage ou déterminer la cause d'un mauvais résultat ou fonctionnement - Etc...	- Trouver les sources possibles d'un mauvais fonctionnement sans tâtonnement (nombre d'éléments non pertinents, d'oublis..) - Recours à l'expérience pour préciser une question
- Savoir trouver dans la documentation les informations pour compléter ou confirmer son expérience	- Enquête à l'extérieur - Lecture de notices techniques	

NOTIONS et LOIS		
- Notion de précision : dispersion jeux, tolérances	- Mesure, assemblage, manipulation	(Transfert à d'autres situations, contrôles habituels de connaissances)
- Aspects physiques des opérations de fabrication : coupe, déformations permanente et élastique, fusion, solidification, retrait..	- Usinage, formage, moulage	
- Propriétés mécaniques de certains matériaux utilisés		
- Propriétés géométriques et mouvements relatifs	- Traçages, réalisation des surfaces par usinage	
- L'organisation productive industrielle (équipement, organisation, travail, histoire)	- Visites, enquêtes	

D)- Le module de Techniques de Fabrication possède deux caractéristiques essentielles qui doivent se traduire au niveau des objectifs :

- Il y a fabrication effective d'objets conformes à un "contrat" ;
- Cette fabrication est collective.

Il y correspond deux critères de réalisation des objectifs du module au niveau collectif :

1) Nombre d' objets terminés par le groupe d'élèves. Il est évident que si l'on n'arrive pas au stade final (assemblage et réglage de l'objet) : peu d'objectifs seront réellement atteints, les enfants n'auront pas la possibilité de juger la qualité de leur travail, et ressentiront sans doute une déception de n'avoir pu réaliser leur objet.

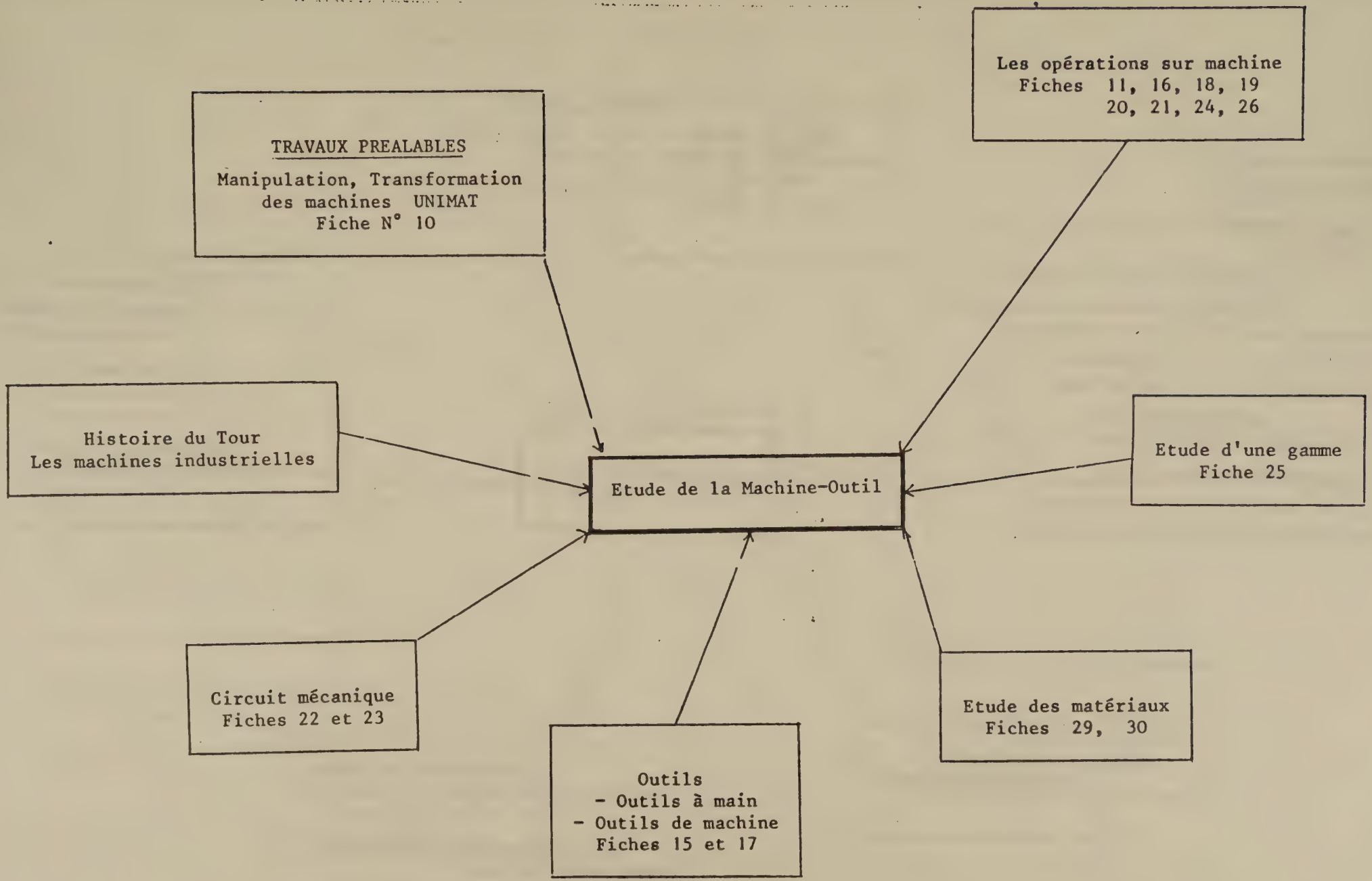
   Les indicateurs possibles sont :
   - Le nombre d'objets terminés (au moins un, dans la mesure où le module est l'occasion d'autres activités)
   - Valeur de l'objet (conformité aux spécifications)
   - Nombre de pièces non conformes

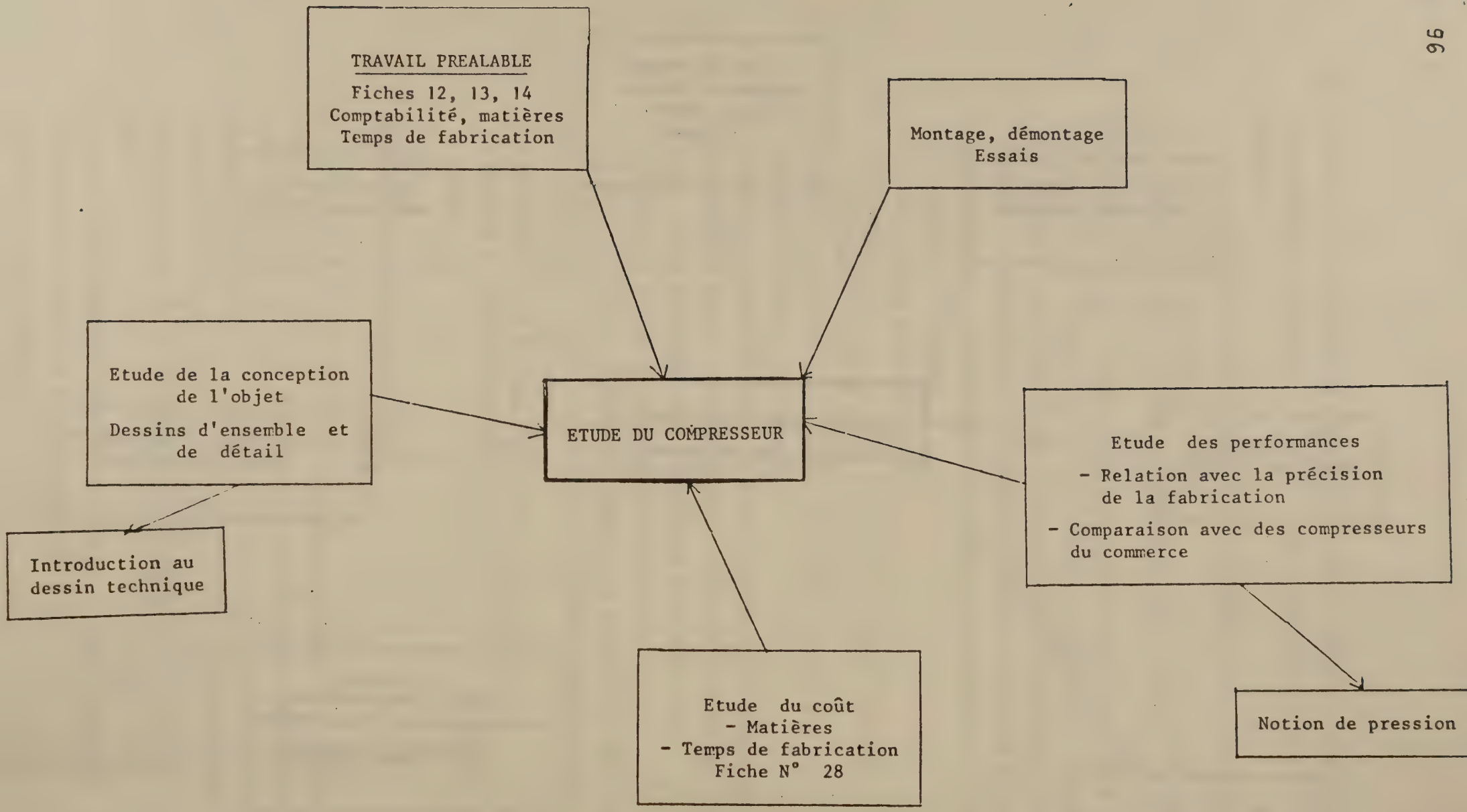
2) Fabrication collective par le groupe. Outre la socialisation individuelle des élèves, on peut observer des modifications au niveau de la classe elle-même. Les indicateurs possibles sont :
   - Respect et entretien du matériel collectif ;
   - Prise de décision collective lors de la répartition des tâches
   - Echange des informations et des services à l'intérieur et à l'extérieur des groupes
   - Emulation entre groupes travaillant parallèlement
   - Plaisir à travailler ensemble et à maintenir le groupe pour d'autres tâches

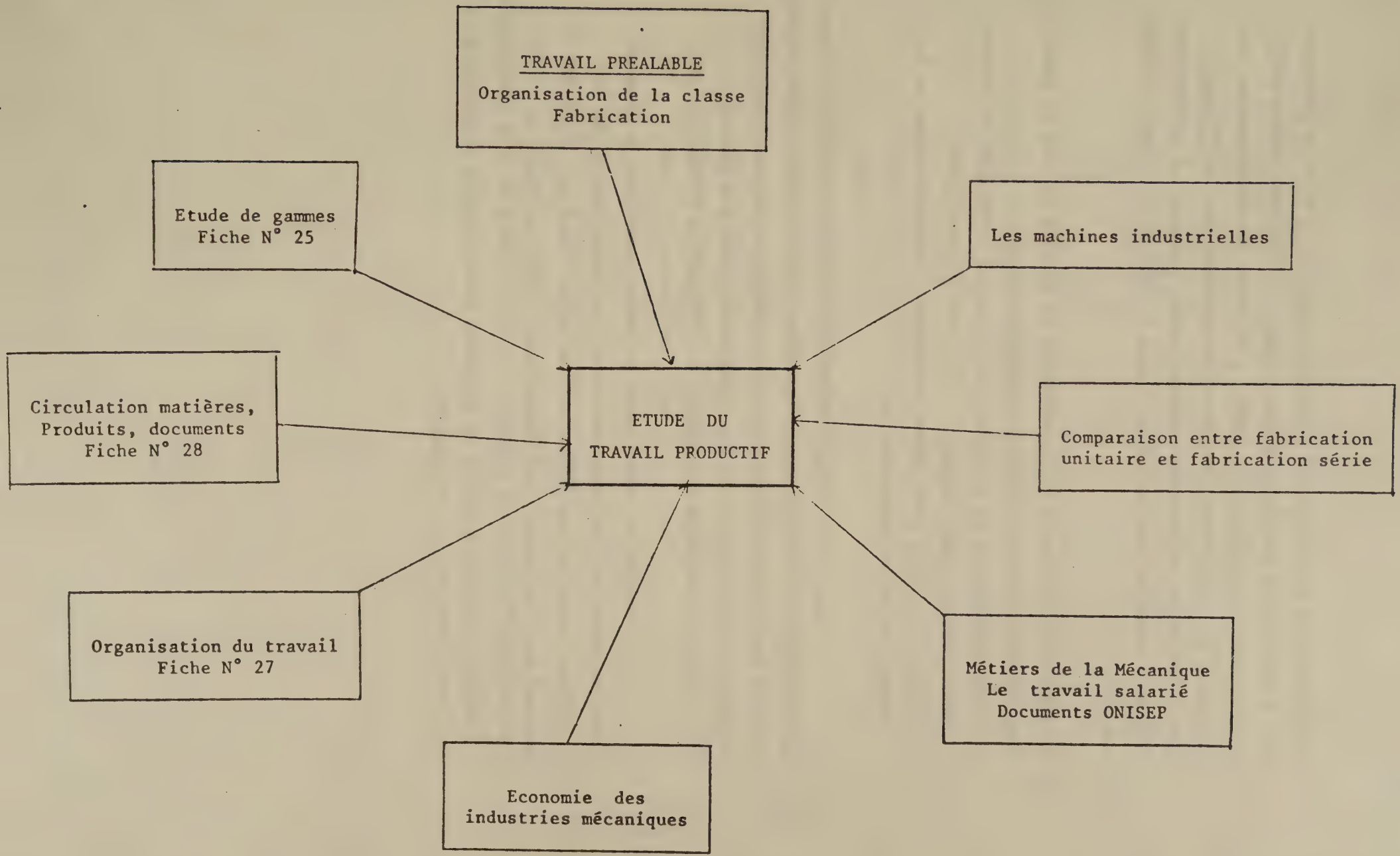
9 - PERSPECTIVES DE L'EXPERIMENTATION

A - Une fois maîtrisés les problèmes techniques du module, il est souhaitable de dégager quelques grandes orientations autour desquelles on pourra organiser l'ensemble des activités, en particulier au cours des dernières séances (retour sur ce qui a été fait, documentation...). Il est suggéré aux expérimentateurs d'utiliser l'année 75 - 76 pour explorer une des trois orientations suivantes (voir tableaux ci-après) :

- Etude technologique du compresseur en tant qu'objet produit ;
- Etude technologique des machines-outils
- Etude du travail productif


TRAVAUX PREALABLES
Manipulation, Transformation des machines UNIMAT
Fiche N° 10
Les opérations sur machine
Fiches 11, 16, 18, 19
20, 21, 24, 26
Histoire du Tour
Les machines industrielles
Etude de la Machine-Outil
Etude d'une gamme
Fiche 25
Circuit mécanique
Fiches 22 et 23
Outils
- Outils à main
- Outils de machine
Fiches 15 et 17
Etude des matériaux
Fiches 29, 30


TRAVAIL PREALABLE
Fiches 12, 13, 14
Comptabilité, matières
Temps de fabrication
Montage, démontage
Essais
Etude de la conception de l'objet
Dessins d'ensemble et de détail
ETUDE DU COMPRESSEUR
Etude des performances
- Relation avec la précision de la fabrication
- Comparaison avec des compresseurs du commerce
Introduction au dessin technique
Etude du coût
- Matières
- Temps de fabrication
Fiche N° 28
Notion de pression


TRAVAIL PREALABLE
Organisation de la classe
Fabrication
Etude de gammes
Fiche N° 25
Les machines industrielles
Circulation matières,
Produits, documents
Fiche N° 28
ETUDE DU
TRAVAIL PRODUCTIF
Comparaison entre fabrication
unitaire et fabrication série
Organisation du travail
Fiche N° 27
Métiers de la Mécanique
Le travail salarié
Documents ONISEP
Economie des
industries mécaniques

en essayant de délimiter les objectifs poursuivis, et en s'efforçant de donner un but aux enfants (par exemple rédiger une notice publicitaire sur le compresseur produit, d'où étude des performances, des coûts...) et en accordant une attention particulière aux "traces" individuelles ou collectives (compte rendus, dessins...) qui marquent l'aboutissement de ces activités (comme le compresseur pour la fabrication).

B)- L'expérimentation en 75 - 76 commencera en janvier 76 pour un semestre. Les contrôles devront porter pincipalement sur :

- Certains objectifs du programme traditionnel : translation, mesure, dessin, analyse de l'objet ;
- Certains objectifs spécifiques du module : notion de gamme de fabrication, notion de dispersion,...

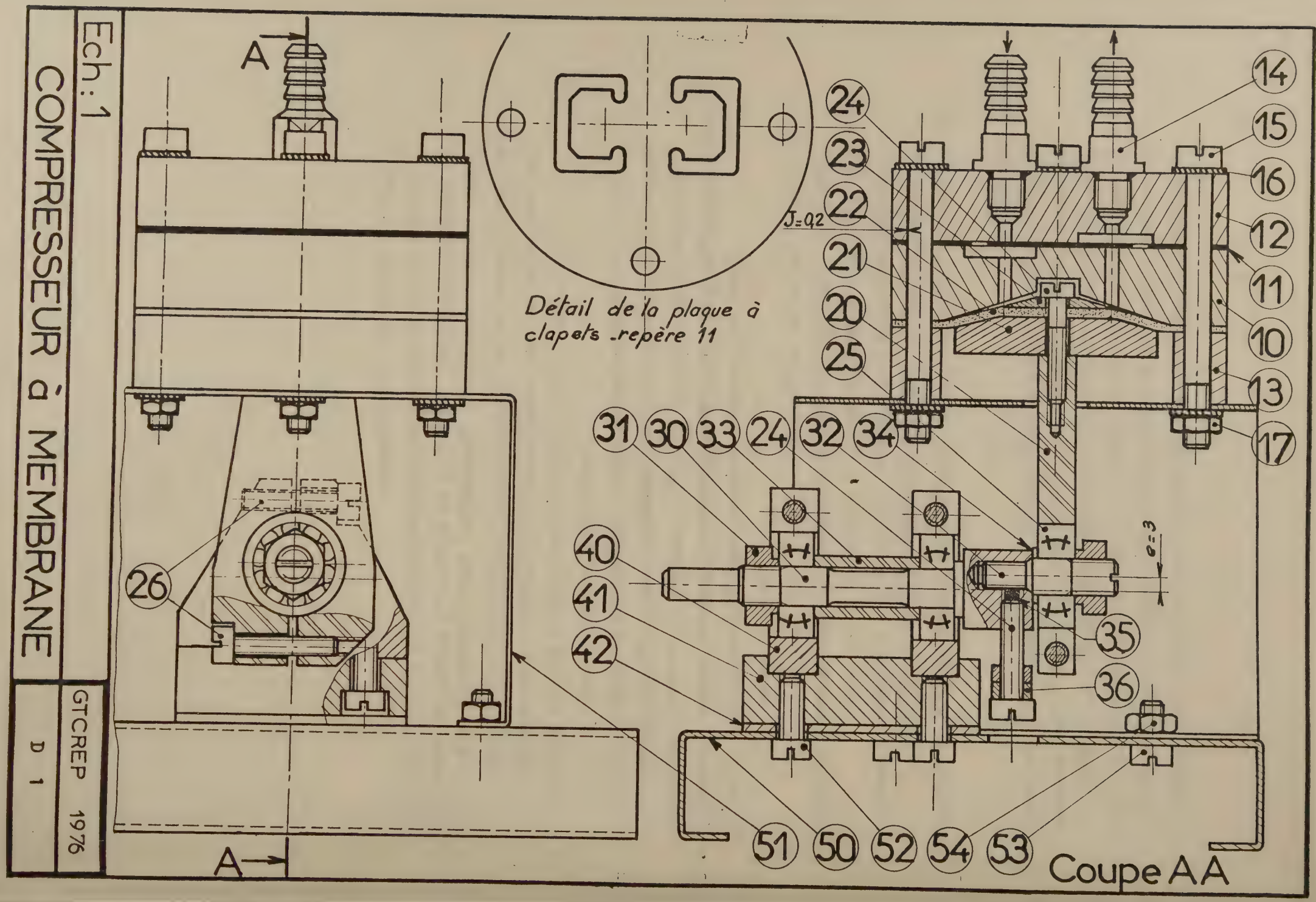
Comme en 74 - 75, l'évaluation s'appuiera sur des "journaux de bord" (pour les cinq premières séances, pour une séance intermédiaire et pour les trois dernières séances) permettra de recenser les difficultés (en particulier pour les fiches de travail peu utilisées en 74 - 75), les contrôles effectués, et d'évaluer la documentation.

Au cours de cette année, le module sera pris de plus en plus en charge par les expérimentateurs eux-mêmes (recherche des matières, rédaction des fiches par un groupe animé par M. CHOMAT et composé de Mlle SAGNARD, MM. DEMERSSEMAN, PEZET, PAUVERT, ce qui est sa destinée "naturelle", puisqu'il ne s'agit pas d'un "kit pédagogique" à importer tel quel, mais d'un processus méthodique de recherche puis de transformation de l'enseignement.

III

10 EXEMPLES DE DESSINS, GAMMES ET FICHES

compresseur à membrane : dessin d'ensemble
compresseur à membrane : matières
dessin : bielle
gammes : bielle
fiche : mesurage (tambours gradués)
fiche : maintien en position de la pièce par rapport à la table à rainures
fiche : étude de gammes
fiche : production : étude et fabrication
dessin : moteur électrique

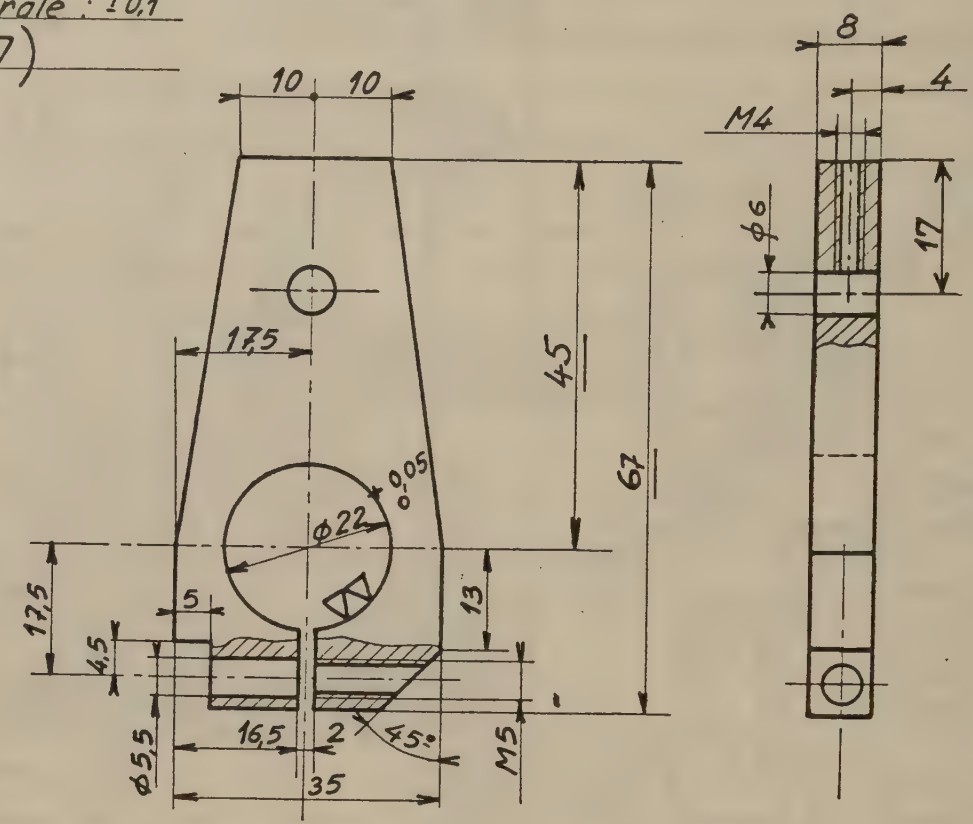

Ech: 1
COMPRESSEUR à MEMBRANE
D 1
GTCREP 1976
A
A
Détail de la plaque à clapets repère 11
J=0,2
e=3
14
15
16
12
11
10
13
17
24
23
22
21
20
25
31
30
33
24
32
34
40
41
42
26
35
36
51
50
52
54
53
Coupe AA

Rep	Nre	Désignation	Matière	Observations
54	4	Ecrou H, M5	A 42	
53	4	Vis C, M5-10	A 42	
52	6	Vis C, M5-12		
51	1	Support	Tôle XO	D13. D14 / G25.
50	1	Semelle de base	Tôle XO	D12 / G24.
42	1	Cale de réglage	Tôle XO	
41	1	Plaque de base	Altuglas	D11 / G22 - G23
40	2	Flasque	Alfuglas	D10 / G19. G20 - G21 - G23
36	1	Lest	A 42	
35	1	Grain	Plomb.	
34	1	Rondelle	A-U4G	
33	1	Entretoise	A-U4G	D9 / G18.
32	1	Axe	A 42	D9 / G17$_1$ - G17$_2$.
31	2	Ecrou spécial H, M8	A 42	D8 / G16.
30	1	Vilebrequin	A42	D8 / G14. G15.
26	3	Vis C, M5-22	A 42	
25	3	Roulement 8 BS02		
24	2	Vis C, M4-22	A42	
23	1	Rondelle	Altuglas	D7 / G13.
22	1	Membrane	Perbunan	D7.
21	1	Piston	Altuglas	D6. / G12.
20	1	Bielle	A-U4G	D6 / G9. G10. G11
17	5	Ecrou H, M4	A 42	
16	8	Rondelle à dents DE4	XC 65	
15	4	Vis C, M4-60	A 42	
14	2	Embout	A-U4G	D5 / G7. G8.
13	1	Socle	Altuglas	D3 / G6.
12	1	Bloc porte embout	Altuglas	D4 / G5.
11	1	Plaque à clapet	Perbunan	D3.
10	1	Culasse	Altuglas	D2 / G3. G4.

GTCREP 1976

COMPRESSEUR — D 1'

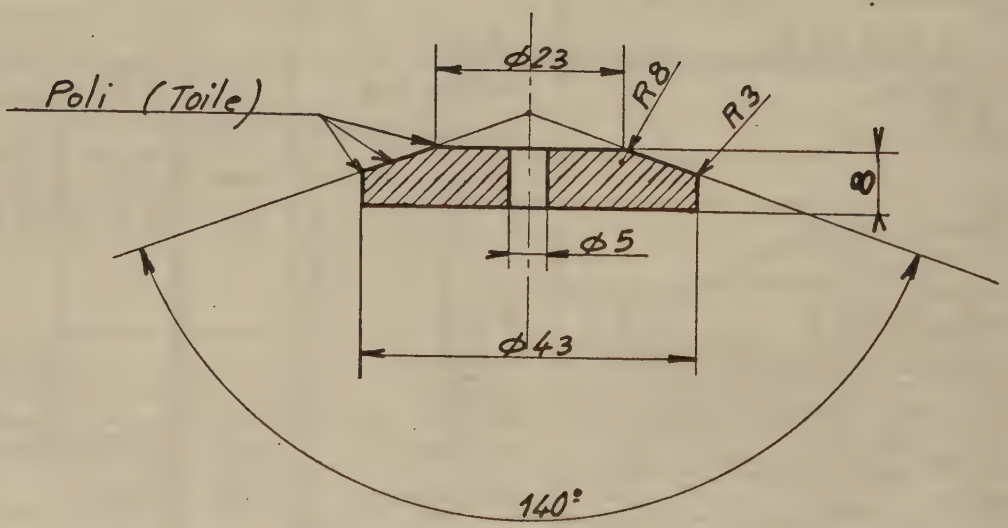
Tol. générale : ±0,1



Rep	Nb	Désignation	Matière	Observations
20	1	Bielle	AU4G	

Ech : 1

Tol. générale : ±0,1



Rep	Nb	Désignation	Matière	Observations
21	1	Piston	Altuglas	

Ech : 1

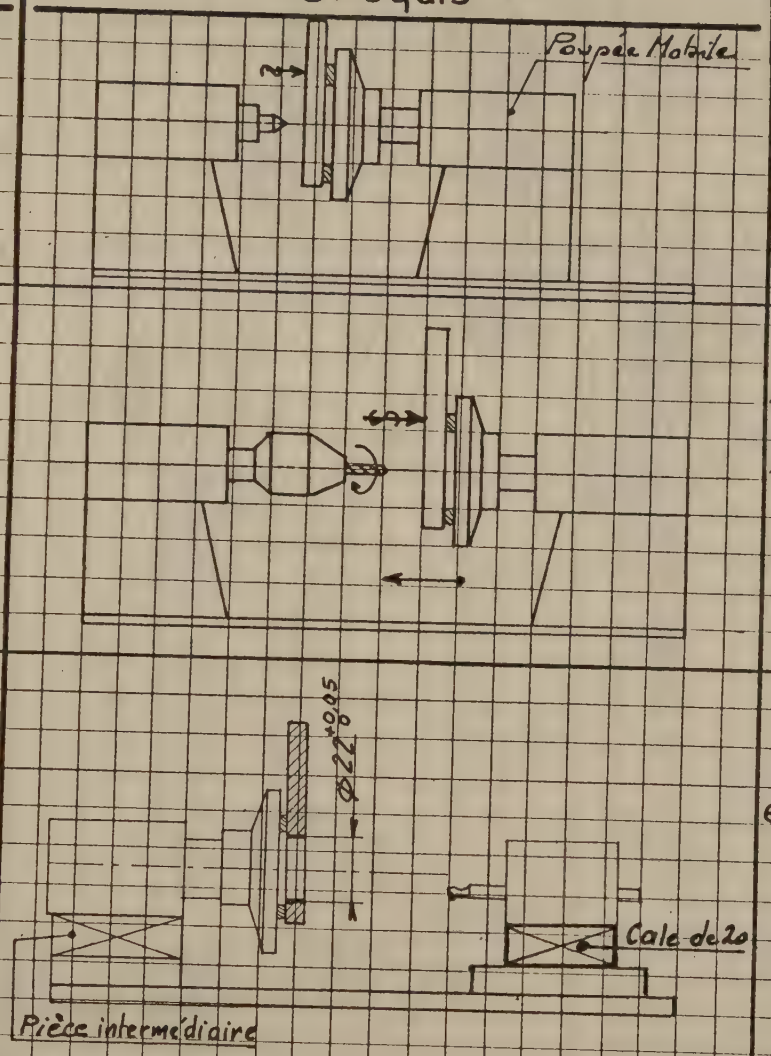
	GTCREP 1976
COMPRESSEUR	D 6

Nom	Bielle (20)	COMPRESSEUR	Commande	AU4G ép^{r} : 8 35x70	N°	1/3

N°ph	Désignation	MO	Croquis	N	a	p	Outillage	Contrôle	T
1	Traçage sur brut (planche)	Man					- Pointe à tracer - Règle - équerre Compas - Pointeau (Traçage sur marbre)		
2	Sciage 35 x 70	Scie		685			- Fraise-scie ϕ 90 ép^{r} 1,5 g^{de} denture	C à coulisse 1/10^{e}	
3	Fraisage . Mise en position / au tracé. . Mise à long^{r} sans démonter la pièce. 3.1. a - Dressage d'une extrémité	Fr		850			- Fraise à queue cylindrique ϕ 6 ou 7 Table à rainures + 2 brides + Cale		
	b. Mise à longueur 67 ±0,1.			"			Mandrin à pinces		
	3.2. Chanfrein: 9 à 45°	•		"	-				
	3.3 a. Fraisage de l'encoche 5 x 9						- Etau à mors //		
	b. Perçage ϕ 4,2			2000			- Foret à centrer		
	c. Perçage ϕ 5,5 lg : 13 (en butée)			"			- Foret ϕ 4		
				1600			- Foret ϕ 5,5		
	Variante : 3.2 et 3.3a à la scie à main	Man							
4	Sciage	Scie		685			Idem Ph n°2		
	Variante : à la scie à main	Man							G
								GTCREP 76	9

Nom | Bielle (20) | COMPRESSEUR | Commande | AU4G ép.: 8 | N° 2/3

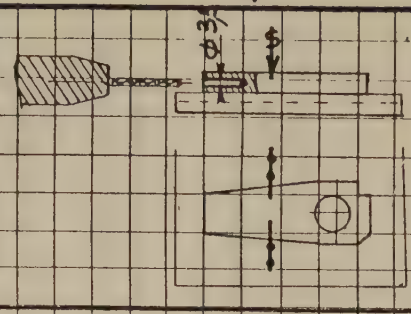
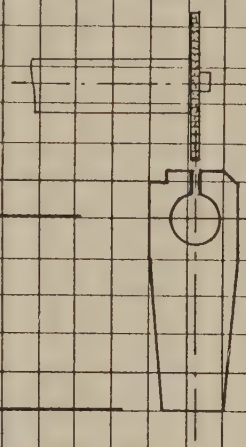
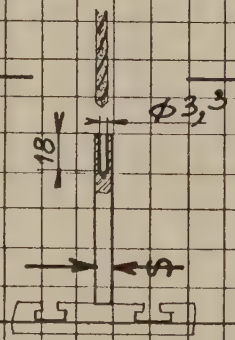
Nph	Désignation	MO	N	a	p	Outillage	Contrôle	T
5	Pointage 5.1. pointage : Mise en position de la bielle par rapport à la poulie). Attention : voir nota	To				Montage en plateau - 2 cales + brides spéciales.	D'après traçage	
6	Perçage a. foret à centrer b. foret ϕ 5 c. foret ϕ 7 d. foret ϕ 9 ou 10.	To	2000 1600 1600 850			- Montage précédent - Forêt à centrer - Foret ϕ5 - Foret ϕ7 - Foret ϕ9 ou 10. - Mandrin à pince ou plateau 3 mors		
7	Alésage $\phi 22^{+0,05}_{0}$	To modifié	685			- Montage précédent - Outil à aléser - Cale de 20 (D 201) - Pièce intermédiaire	C à coulisse puis roulement → calibre Jmaxi : 0,05	



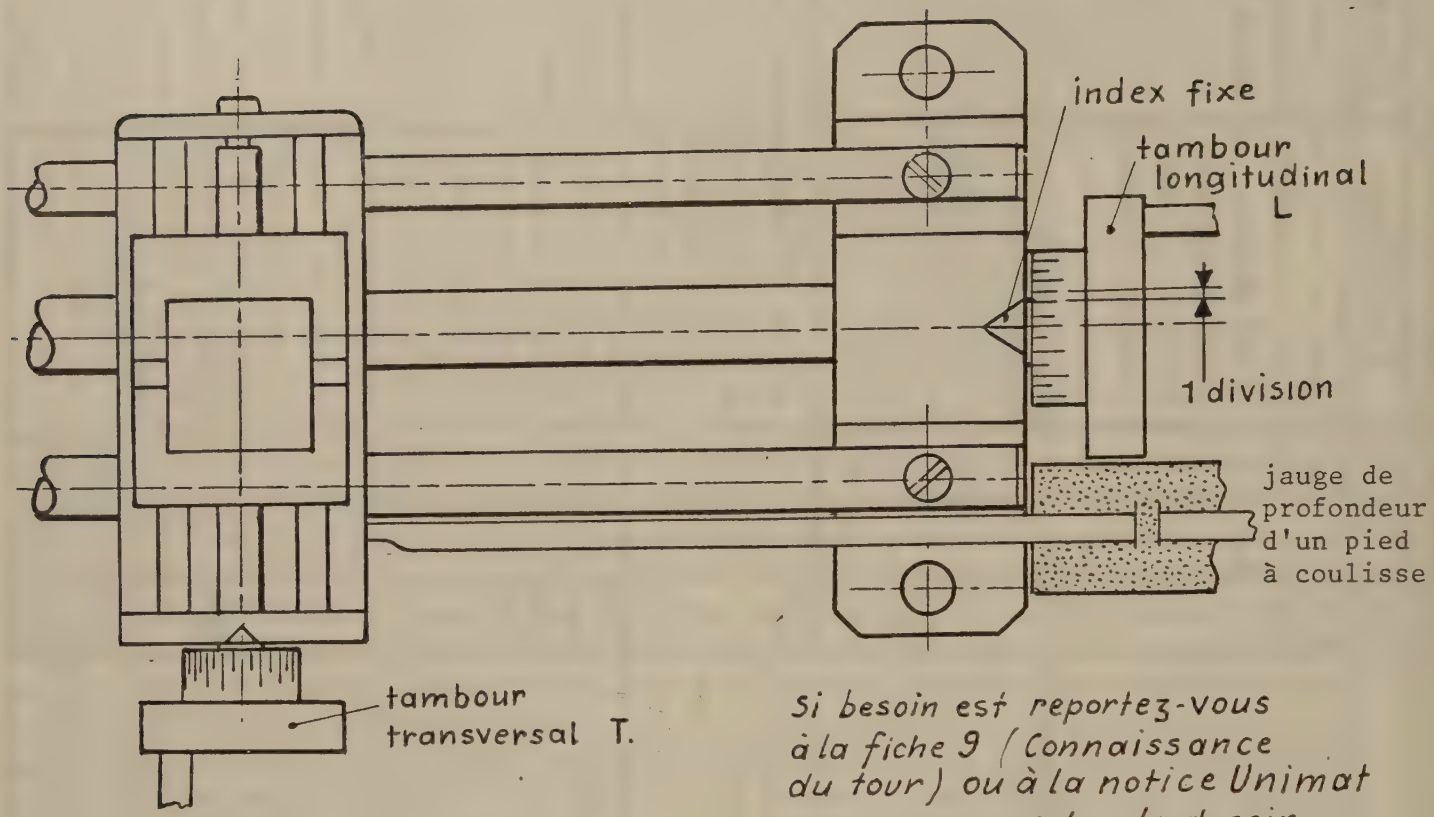
Nota : Pour exécuter les phases 5, 6 et 7, la pièce ne doit jamais être démontée de son plateau.

GTCREP 76 | G 1 0

Nom	Bielle (20)	COMPRESSEUR	Commande	AV4G ép^r: 8	N°	3/3

Nph	Désignation	MO	Croquis	N	a	p	Outillage	Contrôle	T
8	Perçage ⌀3,3 Long : 18 Attention : voir variante en fin de gamme	To		2000			- foret à centrer - foret ⌀3,3 - Table à rainures 2 brides + cales - Mandrin à pinces	Mise en position d'après tracé.	
9	Taraudage a - Trou M5 b - Trou M4 Long utile : 14	Man					- Jeu Ta M4 - Jeu Ta M5 - 1 Tourne à gauche		
10	Sciage - peut se faire avant la phase 9.	Scie		685			- Scie g.^{de} denture		
11	Montage - Ebavurer - Monter roulement (graisser) - Monter vis M5 - Bloquer						Tournevis		
	Variante de perçage								
8'	Perçage ⌀3,3 Long. 18	Pe		2000			- Table à rainures - Etau à mors // foret ⌀3,3		G 1 1
								GTCREP 76	

8 - MESURAGE : TAMBOURS GRADUES DE LA MACHINE



Si besoin est reportez-vous à la fiche 9 (Connaissance du tour) ou à la notice Unimat pour comprendre le dessin.

1 - Déplacement longitudinal du trainard (et du chariot)

Lorsque vous tournez le tambour L, un certain nombre de traits de la graduation - donc un certain nombre de divisions (intervalles entre 2 traits) - défilent devant l'index fixe ; le trainard se déplace d'une certaine longueur (voir si besoin est la fiche 11).

1.1 Tournez L pour que le trainard se déplace vers la gauche.

1.2 Pour un tour complet du tambour, combien comptez-vous de "grandes divisions" (intervalle entre 2 traits plus grands) ? combien de "petites divisions" (intervalle entre 2 traits consécutifs).

1.3 Sur un calque ou schéma indiquez par un trait de couleur (⟷) la longueur lh mesurée au pied à coulisse (n représente le nombre de tours du tambour : 10, 20, 40).

1.4 Repérez les positions successives du trainard correspondant à des manoeuvres successives de L.
Portez les résultats sur un tableau identique au modèle suivant :

Nombre de tours du tambour	0	10	20	40
Longueur lue (ln) en mm				
Déplacement (dn = ln - lo) en mm				
Déplacement (en mm) pour 1 tour de tambour				

1.5 Tirez-en les conclusions :

Pour 1 tour (en rotation) du tambour L

a) le déplacement (en translation) du trainard est en moyenne de ..... mm.

b) un déplacement (en rotation) de 1 grande division du tambour L correspond donc à un déplacement de .....mm (en translation longitudinale) du trainard.

c) un déplacement (en rotation) de 1 petite division du tambour L correspond donc à un déplacement de .....mm (en translation longitudinale) du trainard.

1.6 Que signifient les nombres gravés sur le tambour ?

2 - Déplacement transversal du chariot

2.1 Sur quoi agissez-vous pour obtenir ce déplacement ?

2.2 Comment placez-vous le pied à coulisse pour repérer la position du chariot ? Indiquez par un trait de couleur (sur le calque ou schéma précédent) la distance mesurée.

2.3 Suivez la même démarche que dans l'étude précédente (se limiter à 30 tours au lieu de 40) et portez les résultats sur un tableau identique.

2.4 Tirez les conclusions :

Pour 1 tour du tambour T :

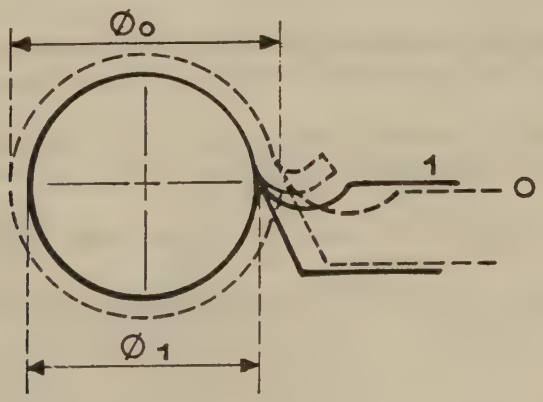
a) le déplacement du chariot est en moyenne de .....mm.

b) un déplacement en rotation de 1 grande division du tambour T correspond à un déplacement de .....mm (en translation) du chariot.

c) un déplacement en rotation de 1 petite division du tambour T correspond à un déplacement de .....mm (en translation) du chariot.

2.5 Que signifient les nombres gravés sur le tambour ?

2.6 Dans le cas du tournage d'une pièce cylindrique expliquez la différence d'effet sur le rayon et sur le diamètre de la pièce (aidez-vous au besoin de la fiche 15).



21 - MAINTIEN EN POSITION DE LA PIECE PAR RAPPORT A LA TABLE A RAINURES

1 - Bridage

Le maintien en position de la pièce par rapport à la table se réalise à l'aide de brides (2 au moins) : c'est le bridage de la pièce.

La figure ci-contre représente le bridage d'une pièce en matériau tendre (altuglas ou alliage léger comme l'aluminium, le laiton)

1.1 Examinez avec minutie les 2 vues de la figure 1 (vue de face et vue de dessus) et les légendes. Une bride est bien placée, l'autre non.

1.2 Recopiez la vue de face en rectifiant le mauvais bridage (servez-vous de calque)

1.3 Enoncez les 2 précautions à prendre pour effectuer un bridage correct et efficace.

1.4 Aurait-on pu disposer la bride parallèlement à la rainure de la table (fig. 3) ? Pourquoi ?

1.5 Avec une table à rainures, 2 brides et une clé mâle six pans entrainez-vous à maintenir quelques pièces. La table utilisée ne sera pas forcément montée sur une machine.

2 - Fraisage d'un chant

La figure 4 représente en vue de face le fraisage d'un chant perpendiculaire à la surface de base de la pièce.

Sp : représente la surface de base de la pièce.
St : représente la surface de la table à rainures.
So : représente la surface de l'extrémité inférieure de la fraise.

2.1 Précisez les positions relatives de ces 3 surfaces, pour que le chant soit régulier et bien lisse et pour que la table ne soit pas abimée par la fraise.

2.2 Quel procédé a-t-on utilisé pour que les conditions du 2.1 soit satisfaites (position relative des surfaces : Sp, St, So)

2.3 Les cales dessinées sous la pièce sont d'égale épaisseur, pourquoi?

2.4 Facultatif : faites une vue de dessus du dispositif (figure 4).

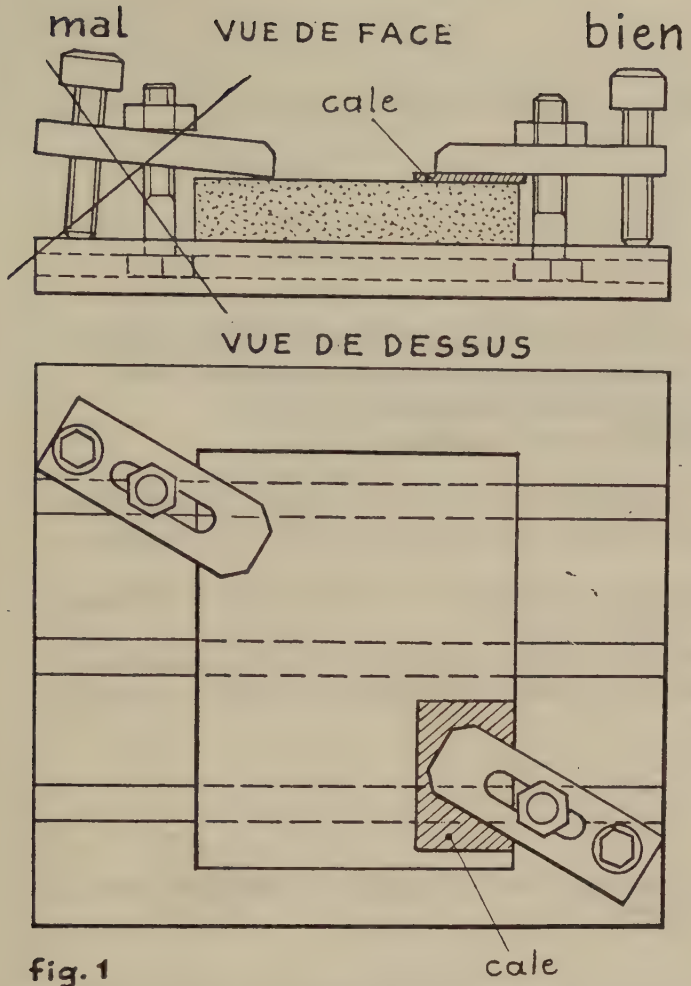


fig. 1

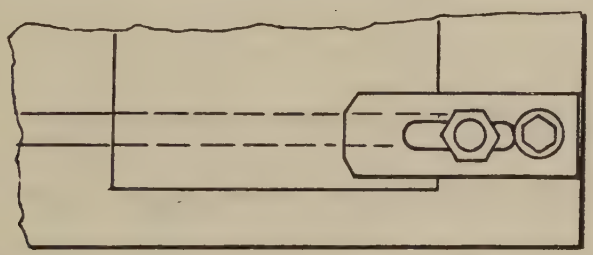
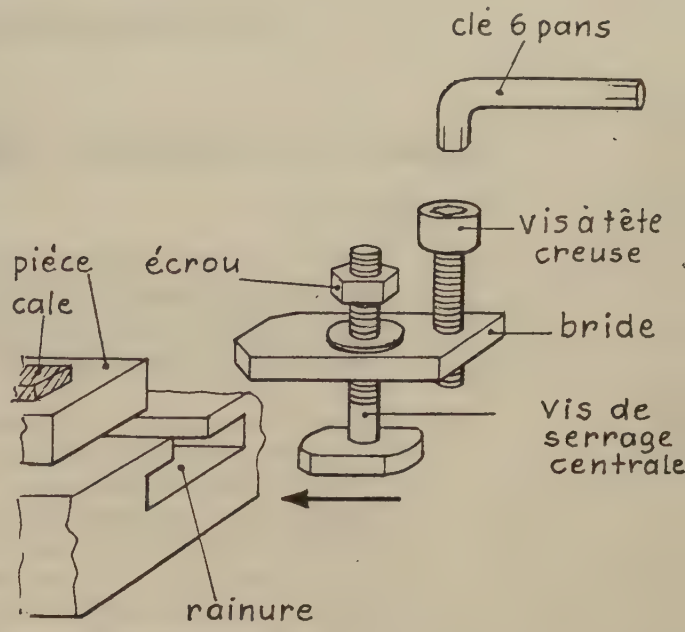


fig. 3

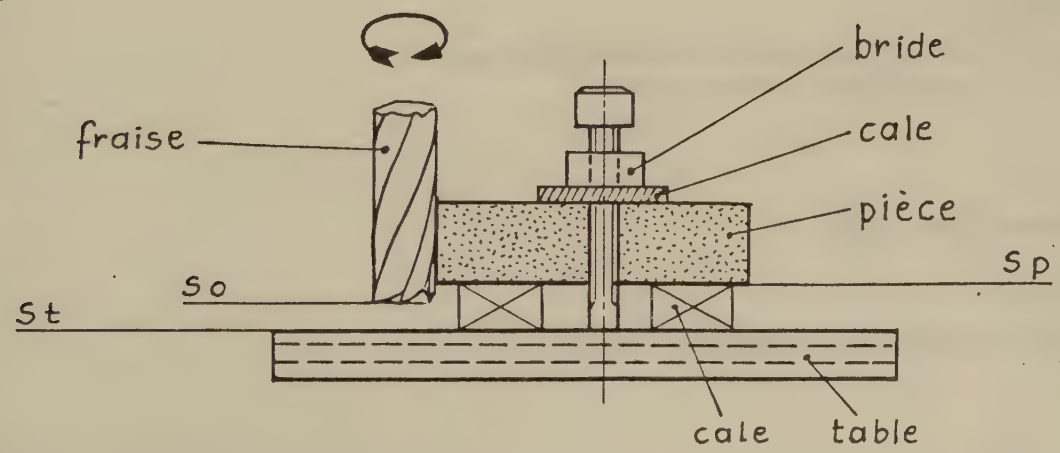
Mise en place de la bride



- *Engagez la tête plate de la vis de serrage dans une rainure.*
- *Placez la bride sur la cale.*
- *Maintenir ce contact avec l'index.*
- *En vissant à la main, amenez l'écrou au contact de la bride qui doit rester horizontale.*
- *Vissez à la main la vis à tête creuse*

fig. 2

fig. 4



La fraise, **fixée** verticalement, ne peut ni monter ni descendre. Elle est animée d'un mouvement de rotation et elle "**rabote**" le chant de la pièce lorsque celle-ci se déplace en translation rectiligne (d'avant en arrière dans le cas représenté sur cette figure)

25 - ETUDE DES GAMMES

1 - Gamme et dessin de la bielle (20)

Phase 3-1

1. La gamme indique : "mise en position par rapport au tracé" ; quelle est la droite de référence, de longueur suffisante, et capable de remplacer par exemple un chant dressé, que vous allez utiliser pour cette mise en position ?
   Comment allez-vous procéder pour réaliser cette opération ?

2. Pourquoi vous impose-t-on la mise à longueur sans démonter la pièce ? (attention au bridage sur la table de fraisage : le déplacement de cette dernière devra permettre le fraisage des 2 extrémités).
   Pensez-vous que ce procédé assure avec précision la distance du centre du trou ⌀ 22 à l'extrémité supérieure de la bielle (cote 45) ?
   Si on voulait que cette cote soit réalisée avec une meilleure précision, comment faudrait-il modifier le début de la gamme ? (le traçage complet de la bielle ne serait peut-être pas la phase 1).

Phase 3-3

Cette phase concerne 2 opérations de perçage. Serait-il possible de les faire suivre immédiatement d'une autre opération similaire ?
Laquelle ?
Quels en seraient les avantages ?

Phases 5 - 6 - 7

5 - Quel point caractéristique du tracé de la bielle doit-on mettre en position par rapport à la pointe du tour ?

6 - Pourquoi perce-t-on le trou, successivement à 5, 7, 9 (ou 10) mm, et pas directement au diamètre maximal.

5 - 6 - 7 - Pourquoi vous ordonne-t-on de ne pas démonter la pièce de son plateau ?

Phases 9 et 10

Est-il possible d'intervertir ces deux opérations ?
Si oui, quel en serait l'inconvénient ?

2 - Gamme de l'axe (32)

Phase 1

Quelle est l'utilité du chanfrein à 45° ?

3 - Gamme des Flasques (40)

Phase 3

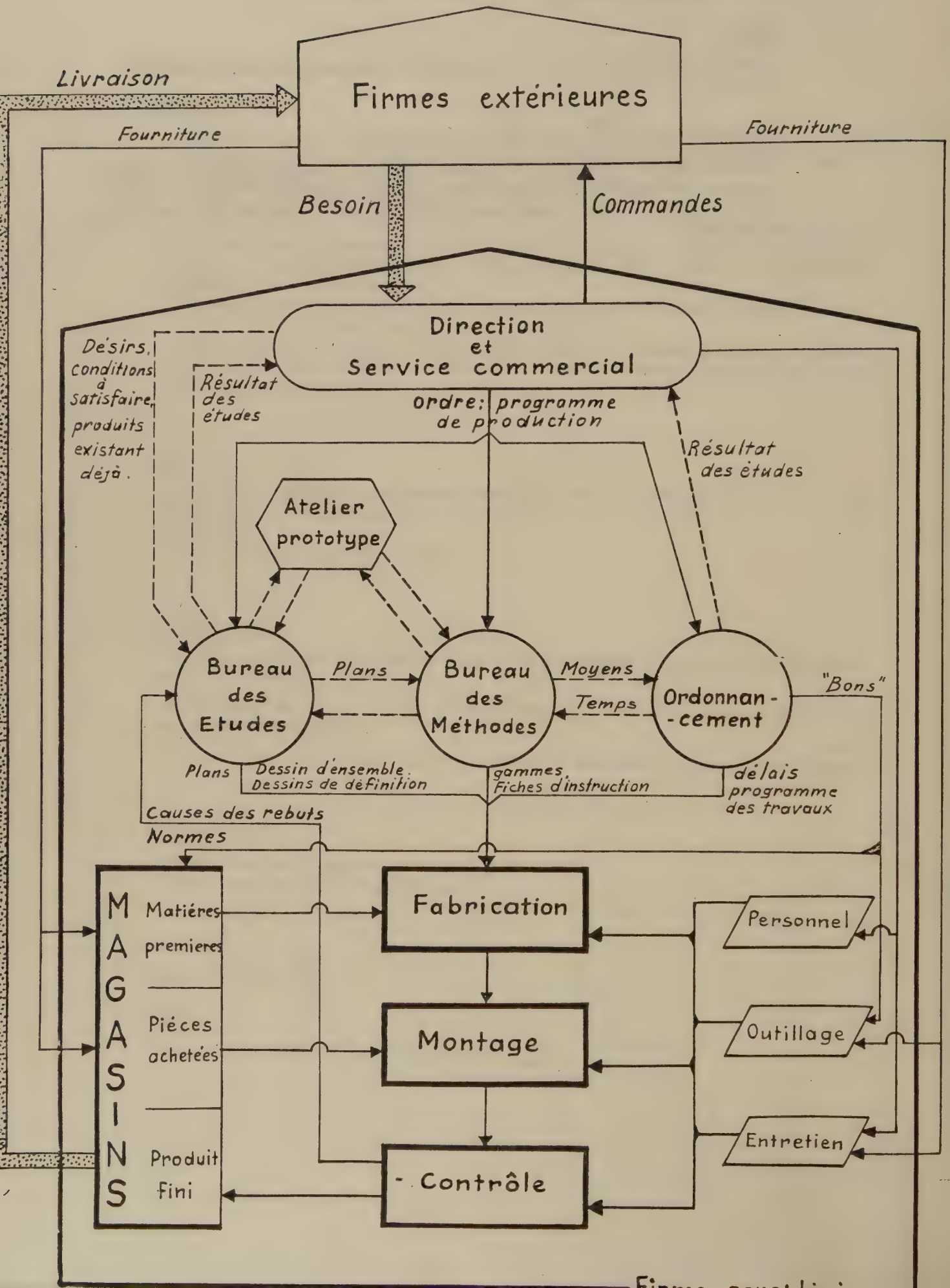
Quelle est l'importance du surfaçage de la face inférieure pour la suite des opérations ?

Plan de montage (40) + (41) - sous-phase I

On pourrait tracer les centres des 2 trous M 5 des flasques (40) puis percer ces trous sans passer par la sous-phase I du plan de montage (40) + (41).

Quels inconvénients risqueraient-ils de résulter de ce procédé, et qu'on a voulu éviter ainsi ?

27 - PRODUCTION : ETUDE ET FABRICATION



Après avoir regardé très attentivement l'organigramme ci-contre qui vous présente les relations dans et à l'extérieur d'une entreprise de Fabrication, vous allez comparer votre situation et votre activité dans le cadre de la fabrication du compresseur avec celles existant dans l'entreprise réelle.

1 - Etude préalable

Le demandeur ayant fait part de ses désirs (tel objet satisfaisant telles conditions) une étude est entreprise pour définir exactement, essayer, modifier le produit.

1.1 Sur calque : recopier en une couleur les services qui participent à cette étude.

1.2 Y a-t-il eu, dans le cas du compresseur, étude préalable ? Fabrication d'un prototype ? Par qui ?

2 - Fabrication

Lorsque le prototype est jugé satisfaisant on passe à la fabrication en série.

2.1 Sur le calque indiquez :
- avec une 2e couleur les services de préparation du travail ;
- avec une 3e couleur les services de fabrication proprement dite et les services connexes.

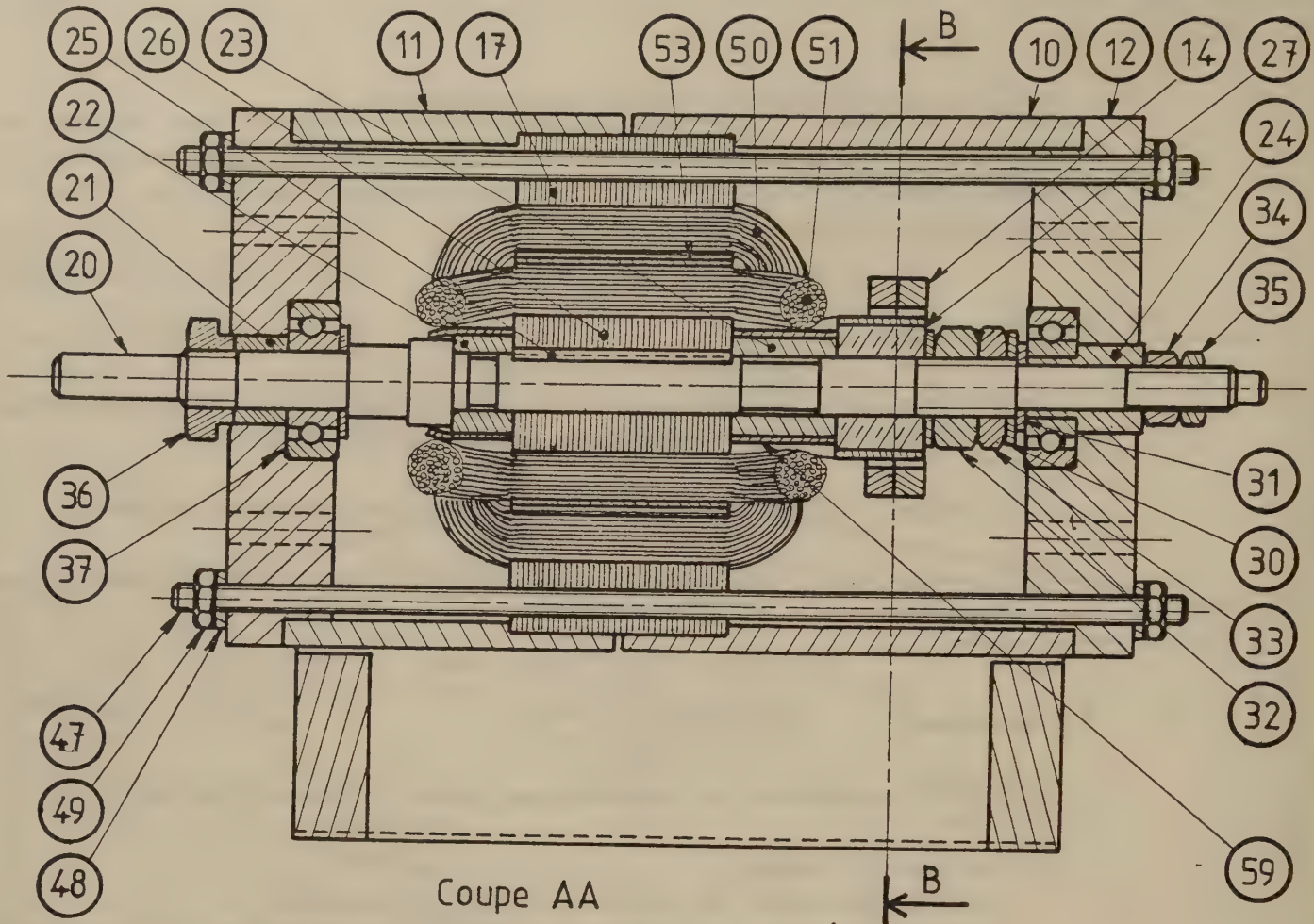
2.2 Dans le cas du compresseur, y a-t-il eu préparation du travail (production de documents, d'informations extérieures à la classe) ?
Si oui, lesquels ? Où cela a-t-il été fait ?

2.3 Y a-t-il eu achat de machines ? d'outillage ? de matières premières ? de pièces usinées ?
Si oui, lesquels ? Qui les a fournis ?
(demandez ici des documents à votre professeur).

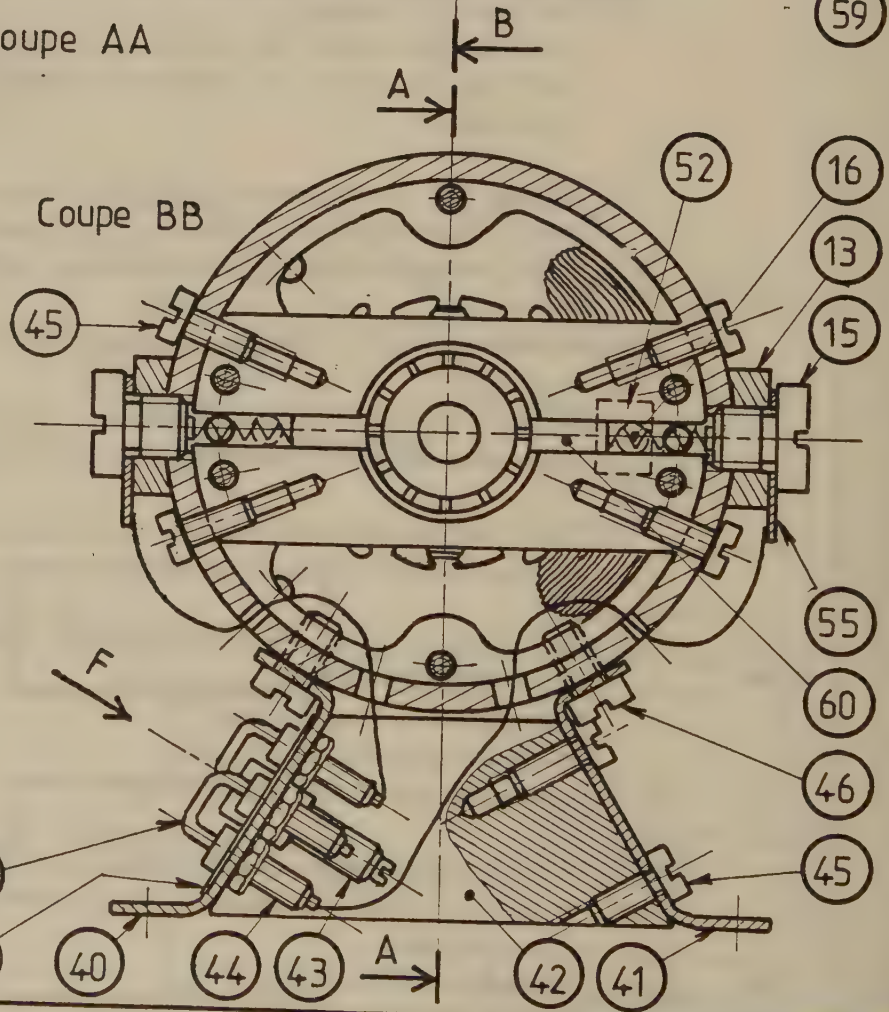
2.4 Sur le calque, indiquez votre place dans la fabrication, la place de 2 ou 3 de vos camarades, celle de votre professeur.

2.5 Les relations entre le poste "fabrication" et les services connexes se font par l'intermédiaire de documents écrits.
Remplissez un "bon matière".
Remplissez un "bon outillage".
Etablissez une fiche "temps passé"

2.6 Y a-t-il des postes ou des fonctions qui existent dans l'industrie et vous semblent ne pas apparaître en classe ?
Si oui, lesquels ?
Et pourquoi, à votre avis ?

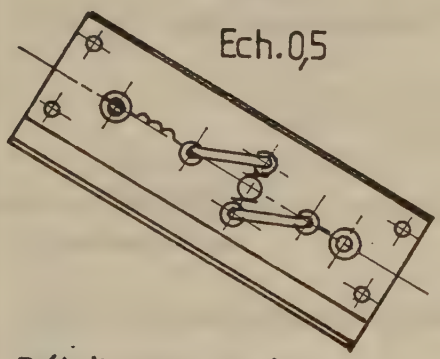


Coupe AA



Coupe BB

Vue F
Ech. 0,5



Détail des repères

40 43 44 56 58

Echelle : 1		LIRESPT 1977
MOTEUR ELECTRIQUE		D 1 R. Pezet

II b

AUTOUR DE LA NOTION D'ÉLÉMENT CHIMIQUE
EXTRAITS DES MANUELS ÉLEVE ET GUIDE DU MAITRE DE 5e

COLLECTION LIBRES PARCOURS, HACHETTE, 1978

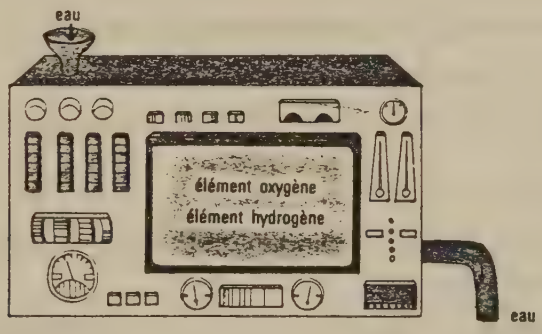
I

MANUEL ELEVE

CORPS COMPOSES

. *Un corps composé est une espèce chimique qui contient au moins deux éléments.*

. Ainsi, l'eau est une espèce chimique que l'on connaît bien et qui possède un ensemble de propriétés caractéristiques. L'analyseur indique que l'eau contient les éléments hydrogène et oxygène : c'est un corps composé.



. Le carbonate de calcium est une espèce chimique qu'on trouve dans les roches calcaires, dans la craie. Cette espèce chimique contient les éléments carbone, oxygène et calcium : c'est donc aussi un corps composé.

. *Des espèces chimiques différentes peuvent contenir les deux mêmes éléments et ceux-là seulement.*

- Quand on fait brûler du soufre dans de l'oxygène, on obtient un gaz suffocant qui est le *dioxyde de soufre*. Ces deux corps sont des espèces chimiques différentes qui contiennent uniquement toutes les deux les éléments soufre et oxygène. Quand on veut faire du trioxyde de soufre, on s'aperçoit qu'il faut

consommer davantage d'oxygène avec la même quantité de soufre que pour faire du dioxyde de soufre.

On dit qu'il est possible de combiner différemment les éléments soufre et oxygène.

- De même le *dioxyde de carbone* et le *monoxyde de carbone* sont des espèces chimiques différentes, bien qu'elles contiennent toutes les deux les éléments carbone et oxygène, et seulement ces deux-là. Avec une même quantité de carbone, il faut plus d'oxygène pour former du dioxyde de carbone que pour former du monoxyde de carbone. Dans les appareils de chauffage, ou dans les moteurs de voiture, du monoxyde de carbone peut se former s'il n'y a pas assez d'oxygène.

On dit qu'il est possible de combiner différemment les éléments carbone et oxygène.

. Il existe un très grand nombre de corps composés contenant les éléments carbone et hydrogène . Il y a donc un grand nombre de combinaisons possibles entre les éléments carbone et hydrogène.

. *Le nom d'un composé nous renseigne souvent sur les éléments qu'il contient.*

- Le nom d'un élément est parfois évident :
oxyde de *fer* (il contient l'élément fer) ;
dioxyde de *soufre* (il contient l'élément soufre) ;
sulfure d'*hydrogène* (il contient l'élément hydrogène).

- le nom d'un élément est parfois suggéré :
"*oxyde*" (dans di*oxyde* de soufre, hydr*oxyde* de sodium...) indique la présence de l'élément oxygène ;
"*carb*" (dans *carb*onate de calcium, *carb*ure d'hydrogène...) indique la présence de l'élément carbone ;
"*sulf*" (dans *sulf*ure d'hydrogène, acide *sulf*urique...) indique la présence de l'élément soufre.

CORPS SIMPLES

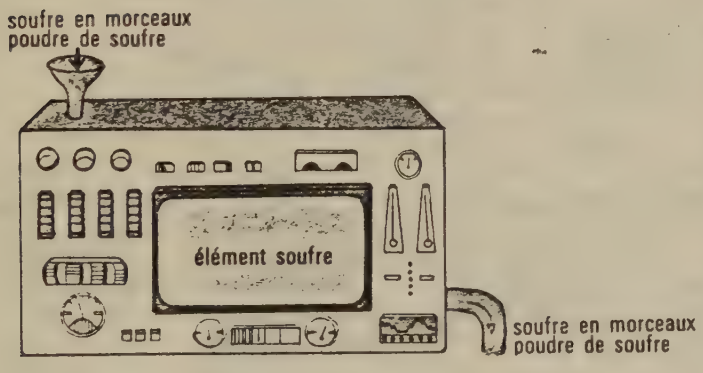
. *Un corps simple est une espèce chimique qui ne contient qu'un élément.*

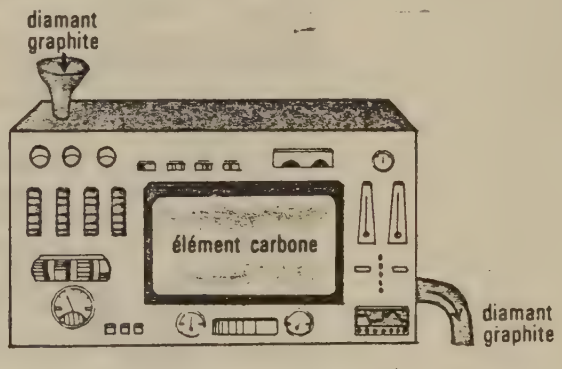
Par exemple :

- l'hydrogène est une espèce chimique que l'on reconnaît par un ensemble de propriétés caractéristiques, c'est-à-dire par sa carte d'identité. Si on utilise un analyseur pour savoir quels éléments se trouvent dans le gaz hydrogène, on trouve qu'il n'y en a qu'un : l'élément hydrogène ;
- de même le soufre ne contient que l'élément soufre : c'est aussi un corps simple.

. *Il peut exister plusieurs corps simples contenant le même élément.*

- Si on analyse un morceau de graphite (un morceau de mine de crayon par exemple), on constate qu'il ne contient que l'élément carbone.
- Si on analyse ensuite un diamant, on constate que lui aussi ne contient que l'élément carbone : il existe donc deux corps simples au moins, contenant uniquement l'élément carbone.
- L'utilisation d'un analyseur nous permet aussi de trouver que le gaz oxygène et le gaz ozone sont deux corps simples qui ne contiennent que l'élément oxygène.





• Comment est-ce possible ?
– Avec le chiffre 3 on peut former une grande quantité de nombres qui ont un sens :

33, 333, 3333, 33333...

De même, avec le seul élément oxygène, par exemple, on peut former deux corps simples différents : l'oxygène et l'ozone.
– Avec le chiffre 3, on peut écrire aussi des combinaisons qui n'ont pas de sens :

Ɛ Ɛ 3
3Ɛ 33 3Ɛ ɯ ɯ
3 3

De même, avec l'élément oxygène, les combinaisons autres que l'oxygène et l'ozone n'ont pas de sens et n'existent pas.

ATTENTION AU LANGAGE

• Dans la vie courante et très souvent dans les ouvrages scientifiques, le même nom désigne parfois le corps simple, parfois l'élément. Pour éviter cette confusion nous préciserons seulement quand il s'agit de l'élément. Ainsi nous disons :
– « L'aimant attire le fer ». (Il s'agit du corps simple *fer* puisque nous ne précisons rien.) « La rouille contient l'élément fer. »
– « Le sodium attaque violemment l'eau. » (Il s'agit du corps simple sodium.) « Le sel de cuisine contient l'élément sodium. »
• Le corps simple est une espèce chimique qu'on peut caractériser par un ensemble de propriétés; l'élément n'est pas une espèce chimique (voir *Élément* p. 76).

Élément

UN EXEMPLE : L'ÉLÉMENT SOUFRE

• Quand on prend un mélange de poudre de fer et de poudre de soufre et qu'on approche une flamme, il se produit une réaction chimique : on obtient ainsi du sulfure de fer :

soufre + fer → sulfure de fer

Réaction 1

• Si, ensuite, on verse de l'acide chlorhydrique sur ce sulfure de fer, un gaz malodorant se forme et se dégage; c'est du sulfure d'hydrogène :

acide chlorhydrique + sulfure de fer → sulfure d'hydrogène + chlorure de fer.

Réaction 2

• On peut enfin recueillir un peu de ce gaz dans un tube et le faire brûler; on voit alors apparaître un peu de soufre jaune en haut du tube :

sulfure d'hydrogène + oxygène → soufre + eau

Réaction 3

• Pourquoi obtient-on du soufre à partir du sulfure d'hydrogène qui est un gaz incolore et dans lequel on ne voit pas de poudre jaune de soufre ? Parce que, dans ce gaz il y a quelque chose qui permet de refaire du soufre : c'est ce qu'on appelle l'**élément soufre.**

• On peut aussi obtenir du soufre à partir du sulfure de fer; on dit que **le sulfure de fer contient aussi l'élément soufre.**

• Dans les laboratoires, il existe des appareils qui servent à détecter et à reconnaître les éléments contenus dans une substance; ils indiquent les éléments contenus dans les espèces chimiques *(voir p. 84)*.

On dit que ces appareils analysent les espèces chimiques et on les appelle des analyseurs.

• Ainsi on peut analyser les réactions précédentes en précisant les éléments contenus dans les produits.

soufre	+	fer	→	sulfure de fer
élément soufre		élément fer		élément soufre élément fer

Réaction 1

acide chlorhydrique	+	sulfure de fer	→	sulfure d'hydrogène	+	chlorure de fer
élément chlore élément hydrogène		élément soufre élément fer		élément soufre élément hydrogène		élément chlore élément fer

Réaction 2

sulfure d'hydrogène	+	oxygène	→	soufre	+	eau
élément soufre élément hydrogène		élément oxygène		élément soufre		élément hydrogène élément oxygène

Réaction 3

LES ANALYSEURS

Qu'est-ce que les analyseurs nous ont appris sur les éléments chimiques?

• On a pu découvrir que des substances qui nous paraissent aussi différentes que le soufre, le sulfure de fer, le sulfure d'hydrogène, l'acide sulfurique et même certaines substances contenues dans les œufs, les cheveux et la laine, contiennent toutes l'élément soufre.

• On a pu aussi montrer qu'au cours d'une réaction, les espèces chimiques formées contiennent les mêmes éléments que celles qui ont réagi, et n'en contiennent jamais d'autres.
On dit que les éléments se conservent dans une réaction chimique.
De la même façon, ils se conservent quand on réalise une suite de réactions chimiques.
C'est pour cela que, pendant des siècles, des savants qu'on appelait alchimistes n'ont jamais réussi à fabriquer de l'or à partir du soufre ou d'autres substances. En effet, dans le soufre et dans les substances qu'ils employaient, il n'y avait pas l'élément or.
Lorsqu'on veut obtenir une espèce chimique contenant un certain élément, il faut donc toujours partir d'un produit qui contient cet élément. Par exemple, dans l'industrie :
– pour avoir une espèce chimique contenant l'élément carbone, on part du charbon ou du pétrole;
– pour avoir une espèce chimique contenant l'élément hydrogène, on part de l'eau ou du pétrole;
– pour avoir une espèce chimique contenant l'élément oxygène, on part de l'eau ou de l'oxygène de l'air.

• Depuis qu'on utilise ces analyseurs, on a pu aussi montrer qu'il n'existe qu'une **centaine d'éléments** alors qu'on connaît plusieurs millions d'espèces chimiques. Comment est-ce possible?

Ainsi, à partir de 5 lettres, on peut former un grand nombre de mots ayant un sens. Mais on peut aussi réaliser des combinaisons qui n'ont pas de sens. C'est la même chose pour les espèces chimiques : elles correspondent à certaines combinaisons d'éléments et pas à d'autres.

SEN
SOE
ONES

combinaisons n'ayant pas de sens

NOUS
ON
NUES
NONNES
SON.
NOUEES

combinaisons ayant un sens

TESTS DES ÉLÉMENTS

• Lorsqu'on ne dispose pas d'analyseurs pour savoir quels sont les éléments qui existent dans une substance, on peut utiliser les résultats de certaines réactions chimiques qu'on appelle des tests.

MANIPULATIONS

RÉACTIONS CHIMIQUES

Grands problèmes

A Comment se rendre compte qu'il y a réaction chimique ?

Au cours d'une réaction chimique des espèces chimiques disparaissent, d'autres apparaissent.

1 / Des espèces chimiques disparaissent.

Dans la manipulation 3 (réaction du fer et de l'acide chlorhydrique), il est possible si on utilise de petits clous (ou de la paille de fer) de les voir disparaître. On fera bien sûr remarquer que le fer ne s'est pas solubilisé (on pourrait évaporer et faire le test de l'aimant).
— Dans la manipulation 9, on peut s'apercevoir que le morceau de marbre a diminué de volume. (Pour convaincre, on peut soit faire une pesée, soit attendre qu'il disparaisse totalement.) Là encore préciser que le marbre ne s'est pas dissous.

— Dans la manipulation 13 (oxydation lente du fer), on constate que l'eau monte progressivement dans le tube retourné sur la cuve à eau. L'oxygène gazeux disparaît. Il est nécessaire de mettre un tube témoin, contenant de l'air, retourné sur une cuve à eau pour montrer que l'oxygène ne se dissout pas dans l'eau (déjà saturée en oxygène après son contact avec l'air).
— Dans la manipulation 22 (action du calcium sur l'eau) on voit aussi disparaître le morceau de calcium qu'il serait impossible de récupérer même en évaporant l'eau.
— En résumé, dans ces diverses manipulations, à condition de bien préciser qu'il ne s'agit pas d'une dissolution, il est facile de déduire qu'une substance a été consommée et qu'il y a eu réaction chimique.

2 / Des espèces chimiques apparaissent.

Cela se traduit :
— *par un changement de couleur.* Il n'y a pas beacoup de produits colorés dans les expériences décrites pour la classe de 5e. Citons que dans la manipulation 1 (test de l'eau avec le sulfate de cuivre) le passage du « sulfate de cuivre blanc » au « sulfate de cuivre bleu » est une réaction chimique qui fait passer d'une espèce chimique à une autre.
— *par l'apparition d'un précipité*[1]. Dans la manipulation 2 (test du calcaire), en présence de dioxyde de carbone, l'eau de chaux se trouble. Le précipité obtenu est un corps nouveau qu'on peut récupérer par filtration, qui fait effervescence avec l'acide chlorhydrique (c'est du carbonate de calcium). Remarquons que si on chauffe l'eau de chaux limpide, elle se trouble lorsque l'eau s'est suffisamment évaporée car la solution devient saturée. Il faut donc se méfier de conclure hâtivement : « il y a un précipité donc il y a réaction chimique », il faut en plus montrer que le précipité est un corps nouveau.
— De même dans la manipulation 5 (test de l'élément fer), le précipité marron (nous évitons de dire rouille, pour éviter la confusion possible avec la rouille) obtenu est une espèce chimique nouvelle : le test de l'élément fer est une réaction chimique.
— *par l'apparition d'une fumée.* Une fumée est constituée de petits grains solides en suspension dans un gaz. Dans la manipulation 11 (combustion du soufre dans l'oxygène), il apparaît des fumées blanches de trioxyde de soufre.
Dans certaines combustions incomplètes il apparaît des fumées constituées de petits grains de carbone. Là encore on peut faire remarquer que l'apparition d'une fumée ne signifie pas qu'il y a eu forcément réaction chimique (ainsi lorsqu'on ouvre un congélateur dans une cuisine saturée de vapeur d'eau il y a apparition d'une fumée de petits grains de glace : ce n'est qu'un changement d'état).

1. Il faut remarquer que les réactions chimiques utilisées comme tests sont très rarement spécifiques. Par exemple, si on fait passer un courant de dioxyde de soufre dans de l'eau de chaux, on obtient un précipité blanc de sulfite de calcium (voir texte sur la réaction chimique).

— *par un dégagement gazeux*. Dans la manipulation 3 (réaction du fer et de l'acide chlorhydrique), il apparaît un gaz combustible : l'hydrogène. Dans les manipulations 8, 9 et 10, il apparaît du dioxyde de carbone. Il faut noter que pour certains élèves le dioxyde de carbone était caché dans le calcaire et qu'on l'en a fait sortir. Dans la manipulation 11 (combustion du soufre dans l'air ou l'oxygène), il apparaît du dioxyde de soufre. Dans la manipulation 12 (action de l'acide chlorhydrique sur le sulfure de fer), il apparaît du sulfure d'hydrogène. Très souvent quand il apparaît un gaz il est nécessaire d'utiliser un test pour le caractériser. Le test n'est souvent pas parfait, il suffira pour des élèves de 5e. Ainsi l'hydrogène sera caractérisé par le « bruit » qui accompagne son explosion, le dioxyde de carbone par l'eau de chaux, le dioxyde de soufre par le papier permanganate de potassium.
Seuls deux gaz cités dans ces manipulations peuvent être caractérisés sans test : le chlore grâce à sa couleur et son odeur (le chlore se dégage dans une réaction chimique qui accompagne le test de l'eau de Javel, il faut éviter cette réaction au maximum), le sulfure d'hydrogène grâce à son odeur.

C On ne peut pas fabriquer n'importe quoi !

L'une des principales occupations des chimistes est de fabriquer des produits nouveaux. Le chimiste peut-il faire ce qu'il veut, modifier la matière comme il le souhaite et obtenir ainsi tous les produits qu'il désire ? Peut-il transformer la pierre en sucre, en beurre et même en or ? Non car les pouvoirs du chimiste sont limités :

• Le chimiste pour fabriquer un ou des produits nouveaux doit utiliser des produits qui sont consommés. S'il n'utilise aucune matière, le chimiste ne peut rien fabriquer.

• Le chimiste ne peut pas faire disparaître la matière sans qu'il n'en apparaisse la même quantité, c'est-à-dire la même masse, sous d'autres aspects... Il ne fait que transformer une certaine masse de matière en une masse égale de matière différente.
On peut, pour illustrer, réaliser la manipulation 14 (combinaison du soufre et du fer) et faire deux pesées : l'une, au début, du mélange fer-soufre, l'autre, après réaction, du sulfure de fer obtenu.

• Le chimiste, pour fabriquer du soufre, a besoin d'utiliser un corps composé contenant l'élément soufre, pour fabriquer du carbone, un corps composé contenant l'élément carbone, etc. De nombreuses manipulations peuvent être choisies pour montrer cette nécessité absolue :
— dans la manipulation 15 (combustion du sulfure d'hydrogène), l'élément soufre apporté par le sulfure d'hydrogène permet de fabriquer le corps simple soufre. L'élément soufre contenu dans le sulfure d'hydrogène a été apporté par le sulfure de fer qui contient l'élément soufre et l'élément fer. On peut remonter encore : l'élément soufre du sulfure de fer provient du soufre qu'on a fait réagir avec le fer. Le soufre utilisé dans le laboratoire provient vraisemblablement du sulfure d'hydrogène de Lacq, etc.
On voit ainsi apparaître un « recyclage » de l'élément soufre qui n'est jamais ni créé, ni détruit : il se conserve au cours des réactions chimiques.
— dans la manipulation 6 (charbon de sucre), le carbone fabriqué contient l'élément carbone qui était contenu dans le sucre. L'élément

carbone du sucre vient probablement du dioxyde de carbone de l'air, etc. (voir cycle de l'élément carbone dans la nature, *livre élève* page 78).

• Enfin on pourra parler de la nécessité, pour fabriquer du fer (ou de l'acier), d'utiliser comme produit de départ un minerai de fer (voir haut fourneau, *livre élève* page 49).

• Dans l'industrie, on fait beaucoup de réactions chimiques, où l'on « recycle » les éléments carbone, oxygène et hydrogène. Il faut alors utiliser comme matière première des corps composés ou simples qui contiennent ces éléments (charbon, pétrole, eau).

D Fer ou élément fer ?

• Un aimant attire le fer, il permet même de séparer un mélange de fer en poudre et de soufre en poudre.
Prenons un morceau de fer, faisons-le brûler dans de l'oxygène (manipulation 12), récupérons la perle d'oxyde de fer formée. Cette perle d'oxyde chauffée à son tour ne brûle plus dans de l'oxygène, ce n'est plus du fer. Approchons l'aimant, cette perle d'oxyde est attirée. Est-ce que tous les composés qui proviennent du fer sont attirés ?
Prenons une plaque de tôle très rouillée, récupérons la rouille formée qui provient du fer. Approchons un aimant de cette rouille ; la poudre n'est pas attirée. On pourra éventuellement réaliser la manipulation 13 (oxydation lente du fer). Faisons brûler du soufre et du fer (manipulation 14) le sulfure de fer qui provient du fer n'est pas attiré par l'aimant.
L'aimant, de plus, attire d'autres métaux tels le nickel (certaines pièces de monnaie). On en conclut donc que l'aimant n'est pas capable de nous dire si une espèce chimique « provient du fer ».
Dans la vie usuelle on entend dire que les épinards contiennent du fer. Essayons donc d'attirer une feuille d'épinard par un aimant : rien ne se passe. Peut-être que les épinards contiennent un « produit qui provient du fer » ?

• Les analyseurs nous montrent que tous les produits « qui proviennent du fer » contiennent l'élément fer. On doit donc dire si on utilise le langage approprié : les feuilles d'épinards contiennent l'élément fer, la rouille contient l'élément fer...
Est-il possible, sans utiliser d'analyseur, de savoir (puisque l'aimant en est incapable) si une espèce chimique contient l'élément fer ?
— Pour les espèces chimiques solubles on peut utiliser le « test de l'élément fer » (manipulation 5). On pourra aussi montrer que lorsqu'on fait agir de l'acide chlorhydrique sur le fer, le produit obtenu en solution contient l'élément fer (manipulation 3).
— Pour les espèces chimiques insolubles il faut les transformer en espèces chimiques solubles. (Manipulation 16 où l'on fait agir l'acide chlorhydrique sur le sulfure de fer.)

Progressions possibles

1re progression

• *Introduction :* faire rappeler quelques combustions étudiées en 6e. Nous allons préciser la notion de réaction chimique.

1 / Réaction chimique

• *Manipulation 14* (action du fer sur le soufre).
— Dans un mélange on peut séparer les 2 espèces chimiques (aimant).
— au cours de la transformation chimique le fer disparaît, le soufre disparaît, il apparaît du sulfure de fer (qui n'est pas attiré par l'aimant).

MANIPULATIONS

Définir réaction chimique et rappeler l'écriture :
Soufre + fer → sulfure de fer.
— peser le sulfure de fer obtenu, comparer à la masse de mélange initial (se rendre compte ainsi si les élèves ont l'idée de la conservation de la masse).

• *Manipulation 3 (action de l'acide chlorhydrique sur le fer)*
— faire trouver que c'est une réaction chimique (utiliser des clous qui disparaissent — de l'hydrogène apparaît).
— présenter le test du gaz hydrogène (manipulation 4).

• *Manipulation 8 (combustion du fusain) et manipulation 2 (test du dioxyde de carbone)*
— bien faire préciser pourquoi c'est une réaction chimique (dioxyde de carbone apparaît — du carbone disparaît)
— rappeler qu'il s'agit d'une combustion (l'oxygène du flacon est peu à peu consommé, la combustion s'arrête lorsqu'il n'y en a plus assez).
— parler du monoxyde de carbone qui se forme dans les combustions où il n'y a pas assez d'oxygène.

• *Manipulation 6 (charbon de sucre) et manipulation 1 (test de l'eau)*
— présenter le « sulfate de cuivre blanc » : faire agir l'eau et d'autres liquides incolores (white spirit) conclure que cela peut être un « test de l'eau »).
— réaliser la manipulation 6 en prenant pour objectif de montrer que c'est une réaction chimique. En pesant le tube à essai contenant le sucre au début et à la fin de l'expérience on pourra interpréter la « perte de masse ».

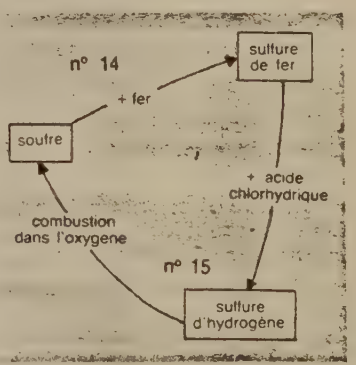
• *Manipulation 9 (chauffage du naphtalène).*
On pourra faire cette expérience pour montrer que cela n'est pas une réaction chimique et pour montrer aussi que tout liquide transparent, incolore n'est pas de l'eau.

• *Manipulation 12 (combustion du fer dans l'oxygène).*
Il n'est pas évident de montrer que l'oxyde obtenu est un corps nouveau différent du fer (l'aimant l'attire comme le fer). On pourra dire que le corps obtenu ne brûle plus dans l'oxygène : ce n'est plus du fer. On fera remarquer qu'il y a consommation d'oxygène et que c'est une combustion (nous réservons le mot combustion pour une réaction chimique qui consomme de l'oxygène).

• *Manipulation 13 (Oxydation lente du fer).*
C'est un exemple de réaction chimique lente. On pourra faire une analyse grossière de l'air dont on rappellera la composition approchée. Enfin on pourra insister sur l'importance pratique de cette oxydation (protection du fer...).

---

3 / Éléments



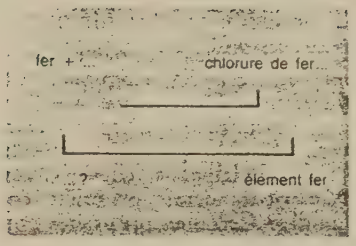
Élément soufre

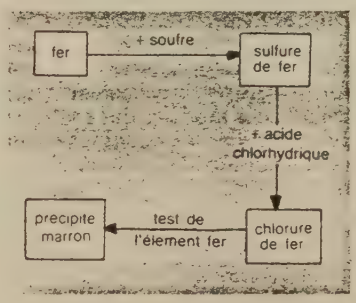
• *Manipulation 15 (du sulfure de fer au soufre).*
Le professeur réalise un cycle de manipulations. Il refait rapidement la manipulation 14 pour fabriquer du sulfure de fer à partir du soufre et du fer. Puis il fait la manipulation 15 en n'utilisant qu'une partie du sulfure de fer (l'autre partie servira à faire la manipulation 16). Faire récapituler le bilan de ces diverses réactions chimiques successives.

• *Discussion : éléments — corps simples — corps composés.*
— Pourquoi obtient-on du soufre à partir du sulfure d'hydrogène, gaz incolore ? Il y a quelque chose dans ce gaz qui venait du soufre initial et qui permet de refaire du soufre : c'est l'élément soufre.
— Généraliser (on peut s'inspirer par exemple de l'*Encyclopédie livre élève*, articles « Éléments », pp. 76, 77).
— Définir corps simples (*livre élève* pp. 74-75), corps composés (*livre élève* p. 73).

• Manipulation 19 (combustion du soufre dans l'oxygène).
Bien insister sur les 2 corps composés (dioxyde de soufre et trioxyde de soufre) résultat de 2 combinaisons différentes de l'oxygène et du soufre.

• *Manipulation 17 (observation des allumettes)* et éventuellement *manipulation 24.*
Les allumettes contiennent du soufre dans leur tête ou éventuellement sur leur tige.





Élément fer

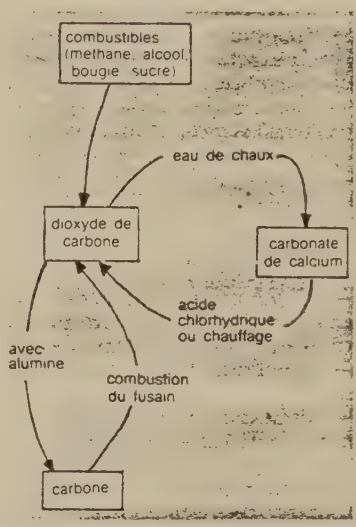
• L'aimant attire le fer, l'acier mais n'attire pas par exemple les feuilles d'épinard. Distinguer corps simple fer et élément fer.

• Présenter le test de l'élément fer contenu dans un composé soluble (manipulation 5). Le professeur pourra montrer en refaisant la manipulation 3 (action de l'acide chlorhydrique sur le fer) que le chlorure de fer contient l'élément fer apporté par le corps simple fer.

• Un exemple de conservation de l'élément fer au cours de réactions chimiques successives : en partant du sulfure de fer déjà préparé ou que le professeur pourra à nouveau préparer, faire la manipulation 16 (du sulfure de fer au chlorure de fer).
Faire récapituler le bilan de ces réactions chimiques successives où l'on voit la conservation de l'élément fer apporté au départ par le fer.

• Pour fabriquer du fer il faut utiliser un minerai de fer (voir *livre élève*, p. 80).

Élément carbone



• Introduction : rappeler les divers charbons déjà rencontrés : le fusain qui en brûlant dans l'air donnait du dioxyde de carbone, le charbon de sucre, le charbon de bois, le coke (utilisé pour fabriquer le fer). Tous ces charbons contiennent des petits grains de graphite qui est le corps simple carbone le plus répandu sur terre. Il existe un autre corps simple carbone : le diamant (voir *livre élève*, p. 55).
— 1re solution : faire apparaître le corps simple carbone noir. On pourra ainsi montrer qu'une bougie contient l'élément carbone, que le benzène contient l'élément carbone (manipulation que le professeur seul réalisera) plus généralement que toutes les substances qui carbonisent contiennent l'élément carbone. En faire trouver.
— 2e solution : faire apparaître du dioxyde de carbone caractérisé par l'eau de chaux.
Le professeur pourra réaliser la manipulation 20 (combustion de l'aluminium ou du magnésium dans le dioxyde de carbone).
On pourra refaire ou faire rappeler quelques expériences de combustion (gaz, alcool, sucre (manipulation 18, etc.).

• *Conclusion :* Insister sur le très grand nombre d'espèces chimiques contenant l'élément carbone. Faire trouver des exemples et des contre-exemples (soufre, fer, eau,...). On pourra résumer toutes les manipulations en un diagramme où l'on peut suivre « l'élément carbone ».

MANIPULATIONS

• On pourra éventuellement dire quelques mots du cycle naturel de l'élément carbone (*livre élève* p. 78).

Élément hydrogène

• Faire rappeler dans quelle expérience on a fabriqué du gaz hydrogène. Comment le reconnaissait-on ? Que donne l'hydrogène en brûlant ? On peut en conclure que l'eau contient l'élément hydrogène.

• On peut alors faire la manipulation 22 (action du calcium sur l'eau). On montrera bien que l'élément hydrogène nécessaire à la formation du gaz hydrogène (corps simple) a été apporté par le corps composé eau.

• Lorsqu'au cours d'une réaction chimique entre produits bien secs il apparaît de l'eau c'est que l'un des produits consommés contient l'élément hydrogène. Insister sur la nécessité d'avoir des produits initiaux et de la verrerie bien secs. Faire éventuellement la manipulation 25 (action de l'oxyde de cuivre sur l'amidon). On en déduira que l'amidon contient l'élément hydrogène. On ne manquera pas non plus de faire le test du dioxyde de carbone pour montrer que l'amidon contient aussi l'élément carbone.

Conclusion sur les éléments

Quand l'élément fer passe du fer métal au sulfure de fer, au chlorure de fer, les espèces chimiques qui le renferment ont des propriétés différentes. De la même façon on pourra parler de la « famille du soufre » qui est constituée d'espèces chimiques contenant l'élément soufre aussi variées que le soufre, l'acide sulfurique, le sulfure de fer, le dioxyde de soufre, la laine, les cheveux, certains caoutchoucs...
N'y a-t-il aucune propriété commune à tous les corps d'une même famille ? Certaines propriétés dues à la présence de l'élément se détectent en utilisant des appareils complexes appelés simplement « analyseurs » dans le livre élève. En faisant le « test de la couleur de flamme » on peut parfois caractériser certains éléments (faire éventuellement la manipulation 23).
On pourra éventuellement conclure l'étude en faisant proposer par les enfants des modèles qui traduisent pour eux la conservation des éléments au cours des réactions chimiques. On se gardera, pour l'instant, de retenir un modèle unique. C'est en étudiant plus en détails la chimie que nous pourrons proposer des modèles cohérents...

II c

ESSAI D'UNE UNITÉ SUR LES PROPRIÉTÉS MÉCANIQUES DES MATÉRIAUX EN 6e
COMPTE-RENDU

S O M M A I R E

1) LES ETAPES DE L'ESSAI

2) L'UNITE PROPRIETES MECANIQUES DES MATERIAUX

3) BILAN D'ENSEMBLE

4) PROLONGEMENTS

1) LES ETAPES DE L'ESSAI

Le projet d'enseignement sur les propriétés mécaniques des matériaux a débuté en 74-75 lorsque l'introduction de sciences physiques en 6e et 5e est devenue une éventualité plausible.

La conception d'ensemble (A. CHOMAT et J-L. MARTINAND) est détaillée dans le chapitre II,2, mais l'analyse en a été restreinte aux questions de la classification et de la dureté. Le projet lui-même comportait une dernière partie d'introduction à la notion de force, par l'analyse des types de déformations simples et de leur cause, avec l'étude de la relation cause-déformation dans le domaine linéaire, ceci débouchant sur des essais de mesurage.

A) Deux essais préliminaires ont eu lieu dans un CES de Clamart dans les deux groupes de travaux manuels d'une classe de 6e (professeur : Mme SCHOTT, février-mars 75), et avec 6 enfants des environs au laboratoire à Jussieu (avril-mai 75).

Quatre séances par groupes de TP se sont tenues à Clamart, et sept à Jussieu. Elles étaient préparées à l'avance : idée directrice, expériences, mais se déroulaient très librement, l'attention se portant sur les préoccupations, les difficultés, les initiatives des enfants.

Quelques thèmes de discussion et de manipulation se sont ainsi dégagés dans les deux cas :

- différences objet-matériau, propriétés (et adjectifs les symbolisant) qui se rapportent ou non à des matériaux,
- différence entre "naturel" et "artificiel" (ou "synthétique"),
- signification de "dur", moyens de savoir si un matériaux est dur, plus dur qu'un autre, contradictions entre propositions (casser, "tordre", enfoncer) ; choix d'une définition provisoire,
- comparaisons des duretés avec un dispositif inventé et mis au point (bille d'acier entre deux échantillons serrés dans un étau) : aluminium, acier, laiton, zinc, plomb, différents bois, altuglas, caoutchouc...)
- présentation et critique des résultats, comparaison avec les tests de rayure mutuelle, et avec les données de la littérature.

A Jussieu, deux séances sur les sept ont été consacrées aux déformations et à leurs causes :

- signification de "force", "poids",
- comparaison de forces par la flexion d'une lame de scie ou d'un scion de canne à pêche,

- représentation graphique de l'évolution de la déformation, interprétation,
- types de déformations : tordre, comprimer, allonger, cisailler, fléchir,
- déformation plastique, rupture, domaine élastique (rayon de bicyclette).

Toutes ces activités étaient réalisées avec le matériel disponible de travaux manuels. On verra que les thèmes principaux ont peu varié par la suite, dans la mesure où ils suscitaient l'intérêt, mettaient en évidence les problèmes à résoudre, laissaient beaucoup de latitude à l'initiative, et débouchaient sur des résultats appréciables.

B) En 75-76 eut lieu un essai avec 10 expérimentateurs selon les principes adoptés par le Groupe de Travail pour les modules (voir annexe II, a, essai du module Techniques de fabrication

Liste des expérimentateurs

Groupe de Travail M. CHOMAT
M. MARTINAND

Académie	Etablissement	Expérimentateurs
BESANÇON (M. Guichon)	CES Albert Camus, rue de Vesoul 25000 Besançon	M. VERNIER
	CES Proudhon - Chailluz 25000 Besançon	M. MOREL
LYON (M. Ruhla)	CES du Plan du Loup 63, chemin du Plan du Loup 69110 Sainte Foy lès Lyon	M. FARISON
		M. PASCAL
ORLEANS (M. Ostrovetsky	CES d'Olivet	Mme COLLETTE M. COULON
	CES de l'ARGONNE, Orléans	M. JOURDAIN
	CES de Beaugency	Mme FICHOU
TOULOUSE (M. Fagot)	CES P. de Fermat	M. BONNEFILS
	CES de Lalande	Mme RULIE

Un stage préparatoire très court (1 journée pour l'unité matériaux) eut lieu en nov. 75 à Sèvres sur la base d'un court document préparatoire. Nous le reproduisons dans le § 2 de cette annexe, avec les indications écrites

transmises aux expérimentateurs à l'issue des discussions du stage.

Pendant l'essai dans les classes, qui se déroula de janvier à mai 76 (l'unité propriété mécanique des matériaux étant couplée avec une autre unité préparée dans les mêmes conditions), les expérimentateurs devaient envoyer des Journaux de bord hebdomadaires qui devaient nous permettre d'apprécier le mieux possible :

- le contenu réellement enseigné de l'unité et son évolution éventuelle ;
- les formes d'activité (discussion, information, manipulation, expérimentation, démonstration, documentation ;
- les difficultés rencontrées par les maîtres ;
- les documents et expériences utilisées ou à mettre au point ;
- les véritables objectifs possibles et les contrôles ou moyens d'observation des élèves qui leur correspondent.

Quelques visites de classes ont pu être faites pendant cette période (Orléans et Besançon).

2) L'UNITE PROPRIETES MECANIQUES DES MATERIAUX

A - PROPOSITIONS DE CONTENU

1 - Idées directrices

a - 6 semaines, à raison de 2 heures par semaine en 6ème

b - buts. Il s'agit de construire quelques notions, par la mise en oeuvre des activités suivantes :

- dissocier pour les solides les notions : objet - forme - matériaux et leur rattacher les propriétés correspondantes. En ce qui concerne les matériaux, différencier :
  - . dur-mou par rapport à cassant-non cassant
  - . domaine élastique-domaine plastique - rupture
- rendre objectives ces propriétés en inventant des dispositifs instrumentaux permettant des comparaisons reproductibles d'après une première définition opératoire.
- définir quelques déformations élémentaires et caractériser les forces qui en sont la cause ; mesurer ces forces par déformation élastique.

c - démarches pédagogiques

- partir des matériaux usuels, amenés par les élèves (ce qui permettra de les reconnaître) ou utilisés en Travaux Manuels. Classer ces matériaux après étude de leur texture (loupe) et comparaison de leurs

utilisations (classification "technologique"). Des échantillons ou des éprouvettes peuvent être utiles pour certaines mesures lorsque les élèves voient eux-mêmes l'avantage de leur emploi.

- se référer à l'expérience passée, ou aux manipulations présentes des outils à main (piquer, rayer, limer, marteler, découper, plier, scier, serrer...) pour définir les propriétés des matériaux expliquant un comportement ou un autre.
- susciter l'activité autonome des élèves. Dans le temps alloué à l'unité (mais cette situation peut-être différente si l'unité est poursuivie en parallèle avec d'autres), l'autonomie ne peut être réelle qu'à l'intérieur d'étapes bien précises de la résolution d'un problème, une fois que celui-ci a été formulé (dans une discussion collective et avec l'aide du maître) :
  - . recherches de procédures
  - . mise au point de dispositifs
  - . expression des résultats

Ceci s'applique particulièrement aux deux problèmes suivants :

- . comparaison des duretés
- . mesure de forces (poids)

A l'intérieur de chaque étape, on peut distinguer des phases différentes :

- . recherche individuelle ou en petit groupe (dessin, montage, essai...)
- . recherche collective en grand groupe (ou classe entière) discussion pour formuler le problème, préciser une définition, critiquer des résultats, mettre au point un compte-rendu...

2 - Objectifs

a - attitudes

- chercher et réaliser une procédure expérimentale pour répondre à une question
- chercher à utiliser les connaissances acquises pour reconnaître (et choisir des matériaux)

b - méthodes

- une propriété ayant été définie de manière opératoire, mettre au point une procédure expérimentale aboutissant à une comparaison, un repérage ou une mesure :

. élaboration de la procédure
. réalisation du dispositif
. choix ou réalisation de l'éprouvette
. conduite ordonnée de l'ensemble des mesurages

- Exprimer les résultats (tableau cartésien, représentation graphique, loi) de manière à pouvoir les présenter de manière condensée et communicable et les confronter à la documentation. Transcrire en une phrase la relation dégagée.

REMARQUE : un objectif de méthode n'est pas atteint par les élèves sous la seule condition que la démarche pédagogique du maître paraisse se conformer à la "Méthode", il ne résulte en fait que d'une réflexion ultérieure sur les démarches des élèves de la classe qui ont abouti à des résultats.

c - concepts :
- dureté
- fragilité
- déformations élémentaires
- relations quantitatives entre les déformations et leurs causes
- zones de déformation élastique ou plastique, de rupture

d - familiarisation avec les matériaux, leurs usages, leur comportement sous l'outil, tests simples de reconnaissance.

B - PROPOSITIONS DE DEROULEMENT.

1ère et 2ème semaine

1) apports de matériaux, d'échantillons.
description des matériaux, de leur usage.
observation des textures (en vue de la reconnaissance).
2) matériaux naturels et non naturels.
qu'est-ce qu'un matériau? différence objet-matériau-forme.
classement selon l'usage.

3ème et 4ème semaine

1) qu'est ce que la dureté? première définition opératoire
(p. ex. résistance à l'enfoncement)
recherche d'un dispositif de comparaison (sur croquis), critique collective, choix(p. ex. avec bille d'acier au carbure et étau).
réalisation du dispositif, essais, critique.

2) comparaison systématique des empreintes.
expression des résultats (tableau).
rangement de matériaux selon leur dureté.
comparaison avec des essais de rayures.
confrontation avec des données documentaires (échelle de dureté, valeur pour différents matériaux).

5ème semaine et suivantes

1) déformations, dessins.
notion de force musculaire excercée causant une déformation;autres causes de déformation : poids, aimant, pression.
application d'une force par un intermédiaire (outil...).
caractéristiques pouvant être mises en évidence : direction, sens, zone d'application, grandeur.
2) additivité, linéarité des petites déformations.
représentation graphique, encadrement, interpolation ; application à la prévision.
domaines d'élasticité ou de plasticité ; rupture.
autres types de déformations et appareils courants : ressorts,pesons...
3) ouvertures possibles :
- autres types d'essais (par exemple essais dynamiques).
- études de matériaux : textiles, papier, matériaux de construction.
- propriétés physiques : conductivité...
- structures et déformations : échaf audages...

C - DOCUMENTATION

En français :

J. BOSI, J. LE VEN — Technologie des fabrications mécaniques
1) la matière et sa mise en forme technique
A. COLIN

M. le FUSTIC — Technologie des matières et industries textiles
EYROLLES

A. LEROI-GOURHAN — L'homme et la matière
Albin MICHEL

P. PEGUIN — La physique des matériaux, QSJ, PUF

Matériaux, Technologie, Forme, catalogue d'exposition du Centre BEAUBOURG

Que sais-je sur des matériaux (bois,...)

En anglais :	Science 5 to 13	Metals
		Children and Plastics
		Working with Wood
		Structures and Forces
-	Longman Physics Topics	Materials
		Forces
C.W. RICHARDS	La science des matériaux de l'ingénieur	Dunod 1965
-	Outils et Matériaux (Artisanat et Loisirs,	Time Life)

D - ORIENTATIONS DEGAGEES LORS DU STAGE

- Le déroulement proposé pour les 4 premières semaines ne devrait pas faire surgir de difficultés de temps ; par contre, le problème des déformations et des forces risque de demander un temps assez long si l'on ne veut pas faire une "exposition" magistrale (définir et vérifier expérimentalement) mais organiser une véritable recherche avec les enfants.

- une définition (matériau, dureté, force...) ne peut être un préalable à l'activité mais l'aboutissement de celle-ci. Une fois formulée, elle permet de relancer l'activité (par exemple, une discussion est nécessaire pour aboutir à une première définition de la dureté, qui permet alors une recherche expérimentale, elle-même découpée en phases successives dans les propositions de déroulement).

- le maximum d'autonomie doit être laissé aux enfants, compte tenu des contraintes (durée, matériel...) assignées à l'unité. L'ambition est de former l'attitude scientifique, les méthodes, les connaissances, les savoir-faire en résolvant de véritables problèmes scientifiques au moyen d'activités (discussion, expérimentation, représentation des résultats, documentation...) qui si l'on y réfléchit bien sont très proches des véritables activités d'un chercheur scientifique.

- le contenu conceptuel de la notion de force qui doit être construite a été soigneusement délimité à Sèvres : dépasser le sentiment d'effort en montrant que d'autres "causes" peuvent produire des déformations, comparer et caractériser ces "causes" lorsqu'elles ont même direction. Ni le principe de l'action et de la réaction, ni la composition "vectorielle" des forces, ni l'unité

légale et son origine ne figurent dans les propositions d'expérimentation.

- les objectifs et les propositions de déroulement ne constituent ni les uns ni les autres un programme. La différence est essentielle : c'est l'enfant qui nous intéresse d'abord, avant la logique "scientifique" (accessible aux seuls adultes enseignants dans la discipline!) qui justifie l'ordre linéaire des éléments d'un programme. D'abord les objectifs ne sont pas des déclarations d'intention mais essaient de préciser et de particulariser au domaine d'étude les objectifs généraux d'une éducation scientifique. Ensuite, les propositions de déroulement cherchent plus à illustrer un contenu et une méthode préconisés qu'à fixer une "marche à suivre" qui peut beaucoup varier selon les classes.

- cette unité, dans le cadre de son orientation essentiellement scientifique peut permettre des relations interdisciplinaires fécondes avec les Travaux manuels éducatifs. Si les enfants sont vraiment autonomes dans leurs recherches (comparer des duretés, des forces...),elle ne sépare pas non plus de manière artificielle formation scientifique et formation technologique.

3) BILAN D'ENSEMBLE

Le bilan de cet essai, non renouvelé par la suite, a été dressé lors du stage final des 14-15 mai 76 à Sèvres ; il s'est appuyé sur l'analyse des journaux de bord reçus au laboratoire et les discussions entre expérimentateurs. Un rapport oral de synthèse a été présenté par M. JOURDAIN à la fin du stage : nous en reprenons ci-dessous les grandes lignes.

A - déroulement de l'unité. Il s'est peu écarté de la trame proposée :

1) les matériaux a) inventaire des matériaux, examen à la loupe - essai caractéristiques selon les idées des enfants

b) essai de définition de la notion de matériau (par comparaison avec objet et forme

c) classement des matériaux selon certaines propriétés. Discussion sur les matériaux naturels et artificiels

2) la dureté a) en partant des essais que proposent ou ont faits les enfants, discussion pour préciser "quand dit-on qu'un matériau est dur?"

b) recherche et réalisation de dispositifs pour comparer des échantillons selon leur dureté (essai de rayure, essai d'empreinte à la bille dans un étau)

c) utilisation du dispositif pour des essais systématiques et mise en forme des résultats

3) les déformations a) identification et caractérisation de quelques déformations simples d'un solide déformable et de leurs causes

b) "qu'est-ce qu'une force?" recherche des caractéristiques (grandeur, direction, sens, "endroit où elle s'exerce")

c) étude expérimentale d'une déformation élastique jusqu'à la rupture ou déformation plastique (flexion d'une lame ou allongement d'un ressort à boudin)

Selon les maîtres et les classes, les activités ont pu être un peu différentes : étude spéciale du bois, par exemple dans une classe où le même professeur enseignait aussi les travaux manuels, ou recherche d'un dispositif pour comparer des forces, ce qui revient à aborder les déformations élastiques d'un autre point de vue.

La partie 1) matériau relève plutôt de l'école primaire, mais a permis d'assurer des acquis communs. La partie 2) dureté pourrait aussi être traitée plus tôt. Seule la partie 3) déformations correspond bien au niveau 6ème par ses difficultés et ses résultats.

B - Synthèse des observations

1) En ce qui concerne les objectifs, les expérimentateurs ont noté qu'étaient favorisés dans cette unité :

- les attitudes de créativité (appliquée à la recherche de procédure et dispositifs expérimentaux), d'esprit critique, de coopération (avec des difficultés pour faire manipuler et concevoir ensemble un groupe d'enfants non habitués).

- les méthodes d'observation, d'expérimentation (mise en oeuvre d'un plan), de repérage, de comparaison de données (relations d'ordre)

- les concepts de forme, matériau, dureté, déformation. La progression vers le concept de force offre plus de difficultés et demanderait plus de temps.

2) Les élèves ont manifesté un grand intérêt et beaucoup d'activité, malgré une certaine lassitude vers la fin (durée du thème, ou difficulté de la notion de force). La conception et la réalisation d'expériences ont été très appréciées ("on n'aurait jamais imaginé qu'on était capable de le faire"), les enfants y ont fait preuve de beaucoup d'initiative. Voici à titre d'exemple les remarques d'un expérimentateur dans son rapport de synthèse à propos du travail sur la dureté :

" - les enfants ont trouvé très vite la nécessité d'exercer une même

force pour comparer valablement, d'où leur idée première de laisser tomber un poids d'une hauteur constante sur les échantillons.

- le montage "étau-bille" qui me semblait au préalable artificiel est finalement venu tout naturellement en aboutissement logique de la recherche.

- l'étude systématique a été faite très sérieusement, cependant au moment du rangement des résultats, il y a eu des surprises dues au fait, je pense, que les enfants ont parfois trop serré, ou à l'épaisseur des échantillons.

- les enfants ont dû faire un effort pour "programmer" leurs essais afin d'en réduire le nombre (tester le même métal avec tous les autres, afin de l'éliminer, prendre le second de la liste, etc...). Ils ont inventé un code pour consigner leurs résultats, refusant un tableau à double entrée. Le rangement de tous les échantillons a posé quelques problèmes".

3) Dans leurs comptes rendus, les expérimentateurs ont insisté souvent sur les difficultés de "vocabulaire", en réalité des difficultés conceptuelles (par exemple confusion matériau/matériel, les enfants préférant le terme de "matière"). De ce point de vue, l'insistance du projet sur la définition progressive des concepts par différenciation entre eux et "opérationnalisation" est justifiée.

Les expérimentateurs ont retrouvé certaines difficultés habituelles pour les représentations graphiques, mais noté la bonne capacité acquise dans le maniement des tableaux cartésiens et des "opérateurs" multiplicatifs.

En ce qui concerne les manipulations, des difficultés apparaissent avec la mise en oeuvre rigoureuse des mesurages.

Mais les plus grandes difficultés, non spécifiques à cette unité, viennent du refus d'écrire, en particulier pour consigner des résultats bien établis. Par contre les enfants font facilement des croquis, ce qui est bien adapté à la conception d'expériences.

Cette unité n'a demandé que très peu de matériel, disponible en tous cas en travail manuel. Les échantillons (souvent des "chutes") ont été très facilement rassemblés par les élèves eux-mêmes ou l'expérimentateur.

4) Très peu d'activités interdisciplinaires ont pu se greffer sur cette unité, malgré des possibilités dont tous les expérimentateurs étaient convaincus. De même, peu de contrôles collectifs et systématiques ont été effectués.

Enfin les expérimentateurs ont souhaité des documents pour la recon-

naissance des matériaux et les essais industriels (machines à tester, résultats...).

5) Du fait qu'il s'agissait d'heures données en supplément à l'emploi du temps des élèves, quelques difficultés ont pu apparaître (réticences des parents, d'ailleurs rapidement dissipées). L'appréhension de départ s'est vite transformée en satisfaction devant l'intérêt des élèves et même en étonnement devant leurs réactions (spontanéité, vivacité), si différentes de celles observées dans les conditions "normales".

4) PROLONGEMENTS

Cet essai d'une unité sur les matériaux n'a pas eu de suite au niveau de la 6ème. On doit cependant noter deux prolongements.

1) Dans le programme de chimie de 4ème (nov. 1978), une étude des "métaux et alliages courants dans la vie quotidienne est prévue" (1). Les instructions s'inspirent dans une certaine mesure de notre unité, en particulier pour les exemples suggérés : "Il s'agit de faire examiner divers corps métalliques dans le but de mettre en évidence, parmi les propriétés les plus caractéristiques, celles qui sont à l'origine de leur utilisation. On s'intéressera à quelques propriétés physiques et mécaniques à l'exclusion de leurs propriétés chimiques... Parmi les propositions faites par les élèves, on pourra centrer l'étude sur quelques exemples pris, ou non, dans la liste suivante qui n'est ni impérative ni exhaustive.

Propriétés physiques ...

Propriétés mécaniques :

- plasticité, déformation permanente : rigidité de l'acier, plasticité du plomb, plasticité de l'acier ou d'autres métaux ou alliages dans des conditions convenables, malléabilité, ductilité , résistance à la traction (forgeage ; laminage ; obtention de plaques et de tôles , de "papier" d'aluminium ; emboutissage des tôles, pièces de monnaie ; obtention de fils et de tuyaux) ;
- élasticité (lames de scies, ressorts à lames, ressorts à boudin, dynamomètre, ressorts spiraux, fils de torsion, barres de torsion).
- dureté (rayage au couteau du plomb, du zinc, abrasion, enfoncement à l'étau d'une bille dans deux plaques métalliques) ;

(1) Sciences expérimentales, classes des collèges ; horaires, objectifs, programmes, instructions CNDP, 1979.

- fragilité (lames de scies à métaux)

Propriétés électriques"

En conformité avec ce programme, on trouve dans la collection Libres Parcours Sciences Physiques 4ème, des documents pour élèves (documents p.72 à 76, activités p.84-88, encyclopédie p.123-125 et p.134-136) et pour les maîtres (p.134-150 et p.308-311). Ils ont été rédigés à partir des idées de l'unité et en les complétant au niveau 4ème par A. CHOMAT et J. GAUTHERIN (ENSET).

2) Parallèlement, quelques travaux avaient été suggérés à l'école primaire, dans le cadre des recherches de l'INRP sur les activités d'éveil scientifiques en physique et technologie. Nous souhaitions explorer la construction des premiers aspects de la notion de matière (1). Des tentatives ont été faites dans quelques classes, du CP au CM2, sous la direction de MM. BOTTIN, HOT et PAULIN, professeurs d'Ecole Normale Primaire.

La conclusion essentielle, du point de vue des propriétés mécaniques des matériaux, est que tout ce qui a été fait en 6ème sur la classification, la dureté et les déformations simples est réalisable dès le CE2, compte tenu des possibilités spécifiques de l'école élémentaire : souplesse des horaires, liaison avec français, mathématiques et dessin. On peut penser que la vraie place de ces activités se situe à ces niveaux : classifications à partir du CE1, dureté (s'il y a lieu) et déformations simples au CM.

---

(1) J.L. MARTINAND, Acquis et perspectives de la recherche sur les activités d'éveil en physique et technologie, Cahiers de Fontenay n°16 (sept. 79) p.118.

III

ANNEXES A LA TROISIEME PARTIE

III a

LES MAITRES EXPÉRIMENTATEURS DU MODULE TECHNIQUES DE FABRICATION

ENQUETE SOCIOLOGIQUE

Pour préciser les caractéristiques des maîtres expérimentateurs, des renseignements ont été demandés sous forme de questionnaire écrit en mai 76.

A) A cette époque, voici la liste des 22 expérimentateurs et leur répartition par académie (1).

localité	académie	expérimentateurs
Besançon	Besançon	Conche - Lacour
Langon	Bordeaux	Marguerat - Réa
Sainte Foy lès Lyon	Lyon	Farison - Pascal
Toul	Nancy	Demengeot
Olivet	Orléans	Coulon - Dumon
La Rochelle	Poitiers	Barriband - Benoist
Rennes	Rennes	Mme Queffurus
Toulouse	Toulouse	Souillès - Vidal
l'Union	Toulouse	Cabanié - Vignaux
Paris	Paris	Pezet
Kremlin-Bicêtre	Créteil	Demersseman - Pauvert
Clamart	Versailles	Chomat
La Norville	Versailles	Guevel - Vallet

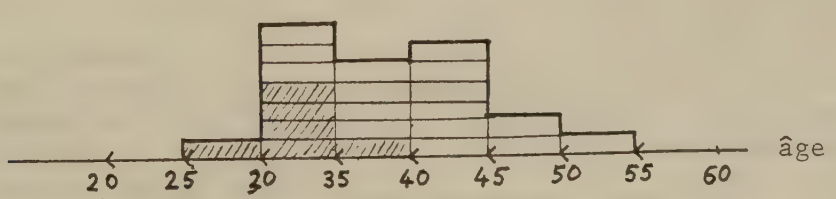
On peut constater qu'il ne reste plus qu'une enseignante en 76 : une autre était malade à ce moment mais a pu reprendre l'année suivante ; mais deux avaient renoncé au module avant l'essai de 74-75 : ceci correspond à des inquiétudes devant les difficultés de fabrication, ou à un refus du contenu.

B) Expérience professionnelle

a) l'âge moyen est de 39 ans.

En réalité, il y a deux groupes assez distincts :

- certifiés et maîtres auxiliaires (hachures)



(1) Par la suite, chaque expérimentateur sera désigné par une lettre majuscule, de A à V dans un ordre brouillé par rapport à celui du tableau.

- PEGC ou instituteurs de transition :

b) la formation générale correspond aux titres suivants :

grade	nombre	diplômes
certifiés	5	1 DES + maîtrise 4 maîtrise 1 licence
maître auxiliaire	1	maîtrise
P E G C	15	1 licence 1 ingénieur 4 DEUG + certificats de licence 5 DEUG 4 sans DEUG
instituteur	1	

Il faut noter la proportion importante de ceux qui sont passés par une Ecole Normale Primaire (1 certifié et 9 P E G C) et par les I P E S (4 certifiés et 2 P E G C). Par contre 7 seulement sont passés par un centre de formation des P E G (1 certifié et 6 P E G C)

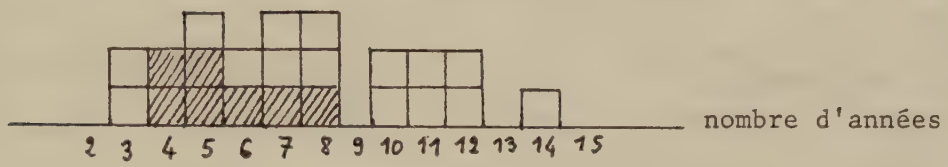
c) la formation pédagogique a été acquise dans les conditions suivantes

formation	mentions
4e année Ecole Normale	14
3e C P E G	5
C P R	4
recyclages (I R E M, autres)	7
sans formation	1

d) la formation technologique correspond aux stages suivants :

formation initiale C P E G	4
stage C P E G 2 ans	2
stage court	2
formation C P R	3
formation maître de transition	1
recyclages universitaires	3
sans formation	7
Total	22

d) nombre d'années d'enseignement de la technologie. Les certifiés et maîtres auxiliaires sont signalés par des hachures : on constate qu'ils sont venus beaucoup plus tardivement à la technologie. Mais surtout, on observe qu'un groupe important de P E G C enseigne celle-ci pratiquement depuis son introduction (10 ans et plus) ; deux d'entre eux avaient d'ailleurs déjà participé à des commissions pour sa mise en place.



e) en 76-76, les disciplines enseignées sont les suivantes :

discipline	nombre
technologie seule	9
maths - technologie - travaux manuels	7
biologie - technologie	2
maths - technologie	1
biologie - technologie - travaux manuels	2
biologie - technologie - maths	1

total 22

9 expérimentateurs enseignent les travaux manuels (en majorité dans une autre classe)

6 expérimentateurs souhaitent enseigner la technologie seule, 3 biologie et technologie, 7 maths et technologie ; 4 certifiés souhaitent enseigner en lycée.

f) tous les expérimentateurs sauf 2 pensent que les professeurs de technologie rencontrent des difficultés dans l'enseignement de cette discipline. Ils les attribuent à différentes causes (tableau ci-dessous).On peut penser que les insatisfactions exprimées sur les programmes et la formation pratique et pédagogique sont à l'origine de la décision d'essayer le module.

causes de difficultés	mentions
contenu des programmes	16
formation pratique insuffisante	13
formation pédagogique insuffisante	11
horaire insuffisant	6
formation théorique insuffisante	4
niveau des élèves	3
manque de matériel	2
refus des élèves	1

C) Activités pédagogiques et pratiques.

Elles sont rassemblées dans le tableau de la page suivente, où nous avons rappelé en haut la situation administrative, le nombre d'années d'enseignement de la technologie et les critiques adressées à cet enseignement.

a) 14 expérimentateurs signalent des activités d'animation.

activité	mentions
clubs photo	4
clubs électronique	2
foyer socioéducatif	4
colonies de vacances	3
M J C	3

b) 11 expérimentateurs, dont 9 P E G C, ont déjà fait des essais d'innovation antérieurement (technologie 1, biologie 1, math 3, travail indépendant 1) ou essaient par ailleurs un autre module du Groupe de travail (électronique 1, photographie 2, automatismes 2, polymères 2).

c) 14 expérimentateurs manifestent leur intérêt pour le bricolage, 12 disent le pratiquer régulièrement, 10 quelquefois.
La plupart possède du matériel :

matériel	mentions
établi	18
outils à bois	18
outillage mécanique	15
fer à souder	16
contrôleur universel	11

La nature des activités mentionnée est la suivante :

activité	mentions
entretien d'appartement	14
électricité	12
menuiserie	9
mécanique auto	6
matériel didactique	4
jardinage	3

D) Conclusions

Lorsque l'on prend en considération la situation administrative et l'ancienneté dans l'enseignement de la technologie, trois groupes semblent se dégager - certifiés (et maître-auxiliaire)

- P E G C jeunes (et instituteur),
- P E G C chevronnés.

TABLEAU

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
PEGC ou instituteur		+	+	+	+	+	+	+				+	+	+	+	+		+	+	+	+	
enseignent la technologie depuis 8 ans et plus			+	+	+		+	+		+		+							+	+	+	
critiquent -contenu des programmes	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+				+	+	+		+
-leur formation pratique		+	+		+		+	+		+		+		+		+	+	+	+	+		
-leur formation pédagogique		+	+			+	+	+			+		+			+	+	+	+			
ont des activités d'animation	+		+	+		+		+	+			+		+	+	+		+	+	+	+	
ont déjà fait des essais d'innovation	+		+	+	+		+	+				+	+				+	+		+		
"bricolent" régulièrement	+							+		+		+		+	+	+	+	+	+	+	+	
possèdent - établi		+	+	+		+		+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
- un outillage bois	+	+	+	+	+	+		+		+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
- un outillage mécanique			+	+	+	+		+		+		+	+	+	+	+	+	+	+	+		
- un fer à souder		+	+	+	+	+		+		+		+		+	+	+	+	+	+	+		+
- un contrôleur			+	+	+	+		+		+		+		+		+	+	+	+	+		+
font - entretiens d'appartement		+				+		+		+	+	+	+	+	+	+	+			+	+	+
- électricité		+			+	+		+		+		+		+	+	+	+				+	+
- menuiserie	+	+			+	+		+		+				+		+			+			
- mécanique auto						+		+		+			+	+					+			
- matériel didactique		+				+				+									+			
- jardinage		+																		+	+	

En fait, les différences entre ces groupes se retrouvent très atténuées en ce qui concerne les activités d'animation ou les essais d'innovation. Elles disparaissent pour les critiques de la "technologie" et les activités de bricolage.

Mais le plus intéressant résulte de la comparaison avec les expérimentateurs d'autres modules (astronomie, électronique, chimie) 1),2). Les maîtres qui font techniques de fabrication, également insatisfaits de la "technologie" et tentés par l'innovation pédagogique, sont un peu plus âgés, presque exclusivement des hommes, en assez forte proportion P E G C, et surtout beaucoup plus portés vers les activités pratiques, en particulier le bricolage.

---

(1) L. LEBOUTET rapport d'ATP n A 655 1512, avril 75 sur l'évolution des modules.

(2) A. DUREY, thèse de 3e cycle annexe : enquête sociologique sur les professeurs expérimentateurs.

III b

EXEMPLES DE JOURNAUX DE BORD ET DE QUESTIONNAIRE POUR LES MAITRES EXPÉRIMENTATEURS DU MODULE TECHNIQUES DE FABRICATION

JOURNAL DE BORD 74-75

TECHNIQUES DE FABRICATION

Nom du professeur : P Classe : ——— Séance n° : 8 (3ème G2)

1 - Principales étapes du déroulement de la séance de travail : indiquez pour chacune la durée approximative, Mardi 11 mars
les difficultés rencontrées (compréhension, matériel, documents, organisation du travail...)

Contenu, forme de l'activité	Durée	Difficultés rencontrées
Mise au point	1/4 h	voir présente fiche - + consigne fraisage (les brides.) traçage encoche et chanfreins de la flasque (Mazelin). fixation du support en tôle (Komsky) traçage des trous sur plaque de base (utilisation d'un compas !! puis du pointeau pour Autrous ?!)
Correction des fiches Distribuer les		fiches sur fraisage —

2 - Quels indicateurs du tableau des objectifs possibles avez-vous essayé d'utiliser pour les contrôles au cours de la séance ? Qu'avez-vous observé ?

Indicateurs	Observations
Traçage de la flasque à grande échelle sur une feuille de papier	grosses difficultés -
Valeur du produit (pour l'embout)	TB pour les encoches
Respect et entretien matériel collectif	? mauvais - (à revoir)
Valeur du travail →	support en tôle. Peu d'effort de l'élève que ce soit distant -

3 - Autres remarques

- le rappel à l'ordre du début de séance semble efficace (Sauf pour 1 élèves)
- les élèves du groupe précédent viennent aider les autres (d'eux-mêmes)

les deux élèves de service (particulièrement futé) en matériel, en dessous de tout !!

Un rappel sera encore nécessaire sur la nécessité de l'organisation -

TECHNIQUES DE FABRICATION

Nom du professeur : P Classe : 4B 2ème groupe Séance n° : 4

1) Objectif principal de la séance : Fabrication

2) Principales étapes de la séance de travail : 1) démonstration fraisage ; 2) fabrication et fiches.

Contenu et forme de l'activité dominante pour l'ensemble des élèves	Durée approximative	Difficultés rencontrées : organisation du travail, maladresses, incompréhensions, problèmes du matériel, ou des fiches de travail
Démonstration de fraisage par le professeur	1/2 h	- Tout le réglage de la machine et le bridage sont fait devant les élèves qui au cours de cette séance et dans les séances à venir vont avoir à fraiser. - Explications sur le fraisage en avalant et fraisage en opposition. - La machine reste en place et au cours de 1/2 heure suivante tous les élèves viennent deux par deux faire des passes.
Fabrication pour 2/3 des élèves	1h 1/2	Pas de gros problèmes
Fiches pour le 1/3 restant	1h 1/2	Fiches n° 17 et 18 - 21 (1976) : les élèves peuvent manipuler en faisant les fiches (voir 1ère partie). La question 1 de la fiche 17 est laissée de côté (angles de coupe) car l'étude des outils de tour n'a pas été faite.

2) Pendant la séance, outre l'objectif principal, vous avez certainement cherché à favoriser des activités qui permettent d'atteindre certains autres objectifs figurant dans le tableau des objectifs possibles. Vous avez dû alors observer des comportements d'élèves au travail et effectué des contrôles oraux, écrits...

Quelles observations et constatations avez-vous faites ?

- Respect du matériel (l'année passée pas assez mis en évidence). Pratiquement aucun incident "technique" depuis le début. Tenue du magasin bien meilleure que l'année passée.

- Autonomie des élèves, je n'interviens que pour les problèmes d'utilisation des machines, pour le reste : demande de matière d'œuvre, lecture des dessins, lecture des gammes, position des outils etc... => élaborailleuse.

3) Pendant cette séance, quels contrôles pour l'ensemble de la classe avez-vous mis en oeuvre (joindre 1 exemple, ou l'ensemble, le cas échéant).

(a) - Vérification de la bonne position des outils avant de travailler. (quelques erreurs)

(b) - Demander à quelle paragraphe de la gamme correspond l'action de tel ou tel élève

4) Dans un document destiné à aider les enseignants pour la préparation du module vous aimeriez pouvoir disposer d'un certain nombre de renseignements et de conseils. Lesquels ?

J'ai utilisé des cartons, accrochés à disposition des élèves représentant les différents outils du tour en position de travail avec Ma, Mp. Très utile (voir 3 (a))

5) De quels documents auriez-vous aimé disposer pour mettre entre les mains des élèves ?

Prière de répondre, dans l'ordre, et une par une, à chaque question

FORMATION DES MAITRES

1 - Quelles sont les principales difficultés que vous avez rencontrées dans ce module ? a) Assurer une bonne liaison dans le temps entre le travail sur fiches et sur machines. b) Maîtriser les machines au cours de la première année. c) faire la part de ce qui doit être "fourni" aux élèves et ce qu'ils peuvent trouver. d) Trouver des contrôles collectifs pour voir si certains objectifs sont atteints

2 - Que pensez-vous des stages de formation et de préparation à l'expérimentation du module tels que vous les avez suivis, et en fonction des difficultés que vous avez dégagées ci-dessus ?

- Suffisant, dans l'avenir insister sur les différentes possibilités de cas des élèves
- essayer de donner la grande ligne (fiche - production) pour la première séance
- avoir certaines indications pédagogiques plus précises (c)

3 - Que pensez-vous en particulier de la période inter-stages où vous avez pu construire vous-mêmes un compresseur ?

Elle est nécessaire mais j'ai eu l'impression de "perdre la pédale" (en fait je n'avais pas fait le premier stage) pour les 2 autres collègues c'était la même chose

4 - Pour améliorer vos compétences pour enseigner le module, de quelles aides, lectures,..., ressentez-vous le besoin ? A quel sujet ?

- Renseignements sur l'organisation d'une usine
- Une meilleure formation technique (frisage, tournage) sur des machines outils plus importantes (type CET) et pourquoi pas passer un CAP (formation pour adultes) pour avoir une meilleure connaissance du langage technique
- avoir des renseignements sur les différents type de compresseurs.

2

5 - Pour enseigner ce module, quels éléments de formation doit-on donner en premier lieu à un maître non technicien ? (Numérotez les trois plus importantes):

2)- Introduction à la discipline ;
1)- Manipulation du matériel ;
- Définition des objectifs ;
3)- Préparation des contrôles ;
- Mise au point de leçons ;
- Visites de classes ou d'usines.
- Entrainement à l'observation des élèves.

6 - Comment concevez-vous une telle formation (dans le cas d'un recyclage d'enseignants déjà compétents par ailleurs) : durée, plan ?

1- 8 jours (bloqués ou par ½ journée répartis 1 fois/semaine) : introduction et manipulation du matériel
2- temps de manipulation seul au CES (sans programme impératif, prévoir simplement des actions simples : fraisage, tournage, perçage, pliage) pour constater ses insuffisances
3- 8 à 10 jours : (comme 1°) - manipulations + précisés + pièces du compresseur
- objectifs et contrôle
- Visite classe usines?
4) Après un an (qui de toute façon sera un banc d'essai) stage pour d'autres machines outils et bilan

7 - Sous quelle forme voyez-vous une telle formation ? (numérotez les trois plus importantes) :

- Conférences ;
(2)- Discussions de groupes ;
- Exposés individuels ;
(1)- Travaux pratiques ;
(3)- Préparation de leçons.

8 - Quelles compétences vous semblent nécessaires pour animer cette formation ?

Bon niveau technique
la patience

9 - Pensez-vous qu'une initiation aux techniques de fabrication devait figurer dans la formation initiale des professeurs de physique ? Pour quelles raisons ?

Absolument indispensable s'ils enseignent la technologie (tous les collègues (≈20) de techno agissant sur le module sont unanimes).

- Nouvelle approche de la technologie sous son aspect réel (production - commercialisation).

- tout "intellectuel" devrait aussi travailler de ses mains à un certain moment de sa formation - Afin de se rendre compte ce qu'est le milieu du travail et aussi des contacts humains avec des réalités qu'on ignore le + souvent, connaître les applications technologiques dans le domaine de la fabrication.

4 P

CONTENU DU MODULE

1 - Lorsque vous avez choisi d'expérimenter ce module, qu'est-ce qu'il vous intéressait particulièrement de faire ?

de ne plus enseigner le programme de 4ème tel qu'il est -
(Désir peut-être dû à un manque total de formation professionnelle pour enseigner la technologie).

2 - Lorsque vous présentez le module à vos élèves au commencement du travail, de quoi leur parlez-vous principalement ?

De la fabrication complète d'un objet technique, suivant des procédés que l'on retrouve dans l'industrie. -
Des machines (présentation).

3 - Lorsque vous expliquez maintenant à un collègue de technologie, par exemple un enseignant de 3e, les activités du module, sur lesquelles insistez-vous particulièrement parce qu'elles vous semblent privilégiées ?

Sur les activités manuelles des élèves, sur l'approche nouvelle du programme par l'expérimentation, sur l'ouverture sur le monde technique (procédés de fabrication habituellement passés sous silence) -

4 - Lorsque vous parlez du module à des collègues d'autres disciplines, sur quoi insistez-vous particulièrement ?

Sur le concret de l'expérience, la prise en charge du module par les élèves - Les rapports différents maître-élèves - Le comportement des élèves par rapport à l'enseignement traditionnel

5 - Lorsque vous parlez du module avec les parents, sur quelles activités insistez-vous particulièrement ?

- la fabrication par liaison avec la fiche de travail
- le caractère non "pré-professionnel" de l'expérience
- l'activité manuelle en rapport avec une certaine réflexion

5

6 - Qu'est ce qui vous a finalement le plus intéressé dans ce module (s'il y a eu évolution en cours d'expérimentation, décrivez-la brièvement) ?
Y-a-t-il eu un moment où vous avez eu le sentiment de "comprendre"le module ?

- Les nouvelles connaissances que j'ai acquises
- le nouveau rapport maître-élève.

- Pas d'évolution depuis longtemps j'avais envie de "toucher" la technologie
- Peut-être à la fin de la première année-

7 - Dans le contenu du module, qu'est ce que vous éliminieriez en priorité s'il n'y avait pas assez de temps ?

Rien ne peut-être éliminé (peut-être peut-on gagner du temps en effectuant certains montages et réglages ?)

8 - Qu'est-ce que vous garderiez à tout prix ?

la fabrication d'un objet qui fonctionne (à l'aide des machines)-

166
6

OBSERVATION D'ELEVES

Dans les dernières semaines, vous avez certainement été amenés à observer le comportement des élèves (en répondant à toutes ces questions, essayez de penser vraiment à un de vos élèves -donnez son prénom à la suite de votre réponse).

1 - Pensez au meilleur d'entre eux et à la dernière occasion où vous l'avez observé parce qu'il montrait quelque chose de remarquable. QU'a-t-il fait exactement ?

Fraisage de la plaque de base (rainures) a essayé seul et la plaque avait la même dimension que la rainure avant de terminer-

PATRICE

2 - Pensez maintenant au moins bon de vos élèves (selon votre jugement). Vous l'avez observé faire quelque chose qui vous semblait très mauvais. Qu'a-t-il fait exactement ?

Alors qu'il tarandait, un camarade lui a fait remarquer qu'il "était de travers"

Réponse : « et toi tu n'y es pas de travers »

et il a continué à mal faire - — Jean Yves

3 - Récemment, vous avez aidé un élève en classe parce que vous sentiez qu'il allait faire un progrès décisif si vous lui apportiez votre concours. Qu'a-t-il été capable de faire exactement à ce moment ?

Devait tourner le bloc porte embout en suivant le tracé Ø74 (au début) en fait pièce légèrement décentrée au montage

Explications => Il a compris la nécessité de ne pas démonter une pièce en cours de fabrication (phase)

MAURICE

7

4 - Dans les mêmes conditions, vous êtes intervenus parce qu'un élève allait commettre une faute grave. Qu'allait-il faire exactement ?

Commence à faire les chanfreins de l'entretoise, sans avoir mis à longueur, car il n'avait pas lu ou réussit à suivre la gamme — De plus l'outil était mal placé et non réglé à hauteur.

SERGE

5 - Parmi vos élèves, il est probable que, dernièrement, l'un d'eux a réalisé quelque chose que vous considérez comme très bon, même si cet élève n'est pas considéré en général comme excellent. QU'a-t-il fait exactement ?

Culasse, traçage du logement du clapet, sans rayer la face de la pièce. A proposé tout de suite de faire le traçage à la machine et l'a réalisé.

JEAN SACQUES

6 - De même, l'un a dû faire une grave erreur, même s'il n'est pas jugé mauvais d'habitude. Qu'a-t-il fait exactement ?

Foret non ⊥ à la table lors du perçage sur le diamètre 60 du bloc porte-embout.

Malgré les remarques ne réussit pas à rétablir l'erreur, et de plus ne comprend pas trop l'importance du réglage

Jean CLAUDE

8 P

JUGEMENTS SUR LES ELEVES

1 -Pour toutes ces questions, essayez de penser vraiment à un de vos élèves, donnez son prénom à la suite de votre réponse) Lors du dernier conseil de classe de l'année, vous aurez certainement l'occasion de montrer qu'un élève a été très bon en Techniques de Fabrications. Sur quelles observations de son comportement vous appuierez-vous ?

N'a pratiquement pas besoin du professeur, réussit bien les pièces et les réglages (qualité au geste) et compréhension).
Capable d'expliquer certains points à ses camarades.

PASCALE

2 - Inversement, si vous voulez montrer qu'un élève a été très mauvais en Techniques de Fabrication, sur quels comportements vous appuierez-vous ?

Pas d'initiative, difficultés de compréhension (ne suit pas la gamme), Recommence deux fois les mêmes erreurs -

GILLES

3 - Toujours lors de ce conseil de classe, si vous avez à "défendre" un élève jugé médiocre dans les autres matières, sur quels points faits de son comportement observé allez-vous vous appuyer ?

- Comprend bien les gammes
- Capable déjà autonomie, pièces réussies (qualités au geste)
- Rend services facilement à ses camarades
- capable d'action originale.

JEAN JACQUES

4 - Si vous voulez, lors de ce conseil, faire remarquer qu'un élève bien jugé par ailleurs révèle des faiblesses en Techniques de Fabrication, lesquelles mettrez-vous en évidence ?

Elève plein de bonne volonté, perd le fil de la gamme en cours de fabrication, a peur des machines, manque de coordination (avance et recul de l'outil) - a souvent besoin d'aide.

ISABELLE

5 - Enfin, si vous voulez faire remarquer qu'un élève médiocre révèle de nouvelles lacunes en techniques de fabrication, sur lesquelles insisterez-vous ?

Attend tout du professeur ou de ses camarades (une certaine paresse) manque d'initiative, n'essaye pas de trouver, reste paralysé devant de nouvelles actions - obéit aux ordres cependant, Sylvie

JUGEMENT SUR LA CLASSE

1 - Qu'attendez-vous d'une "bonne classe" en Techniques de Fabrication ?

Une classe capable d'acquérir une certaine autonomie par rapport au professeur grâce à des contacts inter-élèves; qui Realise bien les fiches de travail grâce à un travail de groupe

2 - A quoi vous attendez-vous avec une "mauvaise classe" en Techniques de Fabrication ?

Une classe avec des élèves qui ne s'intéressent pas au groupe; à Une certaine ambiance de bazar-aller (manque d'intérêt) et d'indiscipline (rangement du matériel - demande du matériel)

3 - Voyez-vous des différences de comportement notables entre des classes de type I et des classes de type II qui font le module ? Leur feriez-vous faire la même chose ?

- Dans les classes I les fiches de travail sont faites rapidement et bien, le temps de fabrication est plus long que dans les classes II (dessin très bien fait).
- Bon rendement en fabrication des classes II (élèves plus agés ?)

TABLEAU D'OBJECTIFS

Un tableau d'objectifs avait été établi pendant le stage d'Orléans (il figure dans le rapport du stage auquel vous pouvez vous reporter pour répondre à ce questionnaire.

1) Vous êtes-vous réellement servi du tableau ?

un peu

A quel moment de votre travail ?

pour donner les fiches de travaux à certains moments précis

Dans quel but ?

pour élargir les possibilités du module

2) L'existence de ce tableau a-t-elle modifié votre conception du contenu d'ensemble du module ? Un peu

De quelle manière ? Avez-vous retranché ou ajouté des activités ?

j'ai ajouté l'histoire de tour et la visite du CET en activité -

3) Lors de la préparation d'une leçon, pensez-vous spécialement à un objectif privilégié du tableau ? Donnez des exemples s'il y a lieu.

Non, seulement pour quelques leçon particulières
Projets physiques et mécaniques (fabrication) => film sur le moulage au sable et la fonderie

4) En classe, pensez-vous au tableau pour orienter le travail des enfants ? Donnez des exemples s'il y a lieu. oui

Autonomie, socialisation => aide des élèves entre-eux
rôle de + en + discret du maître

langue commune => exiger des demandes de matériaux en langue correcte

curiosité => questionnaire sur des choses vues

5) Quels objectifs importants à vos yeux vous semblent manquer ? Donnez-les ici en essayant de préciser ce que vous entendez.

6) Que pensez-vous de la classification adoptée (attitudes, compétences, etc...) et de l'ordre de rangement ?

7) Avez-vous d'autres remarques à faire sur le tableau ?

Beaucoup d'objectifs ne peuvent être contrôlés qu'individuellement, d'où la difficulté de trouver des contrôles collectifs.

8) Le tableau d'objectifs établi au stage d'Orléans comporte les vingt grands objectifs suivants :

1) Curiosité
2) Efficacité
3) Autonomie
4) Socialisation
5) Perceptions
6) Régulation du geste
7) Orientation spatiale
8) Utilisation efficace des outils
9) Langue commune
10) Représentation graphique
11) Relations numériques
12) Analyse des fonctions d'un objet
13) Analyse des opérations d'une fabrication
14) Expérimentation
15) Déduction
16) Documentation
17) Notion de précision
18) Propriétés physiques et mécaniques (matériaux, fabrication)
19) Propriétés géométriques et cinématiques
20) Organisation productive industrielle.

(voir le tableau lui-même pour les définitions, exemples...)

Vous allez classer ces vingt objectifs en quatre groupes :

- Groupe I (3 objectifs) : ceux qui vous paraissent les plus importants ;
- Groupe II (7 objectifs) : ceux qui vous paraissent assez intéressants ;
- Groupe III (7 objectifs) : ceux qui vous paraissent moins intéressants ;
- Groupe IV (3 objectifs) : ceux qui vous paraissent sans importance.

Pour vous aider à faire ce classement, nous vous conseillons de marquer les objectifs sur 20 petites fiches, et, par approximations successives (jusqu'à ce que vous soyez satisfait de votre choix) d'aboutir à quatre petits tas comportant les nombres requis (tas I : 3, tas II : 7, tas III : 7, tas IV : 3).

REPONSES /

Groupe I (3)	Groupe II (7)	Groupe III (7)	Groupe IV (3)
Socialisation Autonomie Experimentation	- Deduction - Curiosité - Efficacité - organisation productive industrielle - Analyse des operations d'une fabrication - Perceptions - orientation spatiale	- Documentation - Notion de precision - Langue commune - Analyse des fonctions d'un objet - Regulation du geste - Representation graphique - Relation numerique	- Utilisation efficace des outils - Proprietes physiques et mecaniques des materiaux - Proprietes geometriques et cinematiques

III c

RÉALISATIONS ET OPINIONS DES MAITRES EXPÉRIMENTATEURS DU MODULE TECHNIQUES DE FABRICATION

S O M M A I R E

1) RECAPITULATIF DES REALISATIONS, MAI 1975

2) RAPPORTS DE SYNTHESE, 1977

3) DIFFICULTES RENCONTREES PAR LES ELEVES EN USINAGE

1) RECAPITULATIF DES REALISATIONS JUIN 75

effectif des classes de chaque expérimentateur	nombre de compresseurs en chantier	nombre de compresseurs réalisés	montage et essais	observations
17 et 18	3	3 + pièces	1 (1,2 bar)	manquent 4 à 5 séances dans un groupe
24	4	2 + pièces pour 1	2 montés	
24	4	1 + pièces	1 (0,8b ; non réglé)	
17	2	1 + pièces	1 monté non réglé	
24 dédoublée	4	2 + pièces	2 montés essayés	
20	2	1 + pièces	1 monté non réglé	manquent 3 séances
30 dédoublée	4	3 + pièces	3 montés, 2 essayés	
15	2	1 + pièces	1 (0,4b non réglé)	
27 dédoublée	4	2 + pièces	2 (0,7 bar)	4e aménagée
33 dédoublée	4	3 + pièces	3 non réglés	
16	2	2	2 non réglés	4e aménagée
24 dédoublée	3	1 (avec pièces des 3)	1 non réglé	manquent 9 séances
17 et 10	3	2	2 non réglés	
32 dédoublée	2	1 + pièces	1 non essayé	
32 dédoublée	2	1 + pièces	1 non essayé	
33 dédoublée	5	3	3 (1,2 - 1,0 - 06 bar)	
15	2	1 + pièces	monté (0,7 bar) non réglé	
9	2	0	0	4e aménagée
25 dédoublée	4	2 + pièces	2 essayés, 1 réglé (1,6 bar)	
5 groupes de 10 à 20	5	5	3 montés de 0,4 à 0,8b non réglés	
6 groupes de 10 à 17	6	6	6 montés	
16	2	1 + pièces	1 non réglé	
24	2	1 + pièces	1 monté réglé (1,2 bar)	5e III (transition
1 classe dédoublée	4	1 + pièces	1 monté	

2) RAPPORTS DE SYNTHESE, 1977

E

- Pour commencer 4 séances systématiques de dessin à partir de la vue d'ensemble et de quelques dessins de définition (projection, représentation, coupe, section, cotation

Puis 4 séances d'initiation

(le compresseur - utilisation, fonctionnement)

(Mesures - réglet, pied à coulisse)

(Unimat - montages, divers)

(Réalisation en série de l'entretoise - décodage gamme et dessin)

Du 19 nov. au 4 février (10 séances) : usinage.

1 séance mise au point et montage

1 séance essai.

MONTAGE : chaque groupe disposait : du dessin d'ensemble
de la nomenclature
d'un compresseur monté.

à lui de trouver son ordre de montage.

en général 2 sous-ensembles : (40 + 41 + 50 + 51) et (le compresseur proprement dit 1... et 2...) réunis ensuite par les pièces 3

la finition et le réglage avec essai à la main ont pris toute la séance.

résultats satisfaisants ⟶ pas de gros problème, ni de pièce complètement hors cote ou à cotes incompatibles.

ESSAI - laissés à l'imagination de chaque groupe qui devait trouver une méthode. puis mise en oeuvre.

MACHINES : de moins en moins précises - sujettes à des vibrations
problème de maintenance...

ORGANISATION : par binômes.

chaque séance était en principe partagée entre fiches pour tous

puis machine pour tous.

en réalité difficulté à harmoniser fiches (qui motivent moins les élèves) et exercices

machine de la séance pour chacun des binômes.

Groupe témoin : la 4e aménagée

élèves globalement anxieux, extrêmement tendus vers un résultat à acquérir, avec une fatiguabilité assez grande et une certaine instabilité pour certains.

⁂ Sur les 14 élèves - 2 binômes ont particulièrement "brillé" :

un binôme de garçons dont l'un était nettement l'élément moteur (élève qui par ailleurs semblait ne pas s'intéresser réellement aux autres matières) et qui a très rapidement maîtrisé sa machine, acquis un sens de l'organisation et a su aider les autres groupes mais qui a "souffert" sur les fiches parce que ce mode d'expression moins directe lui convenait moins.

un binôme de filles qui, après 2 ou 3 séances de panique a su maîtriser intelligemment ses problèmes.

L'un comme l'autre ont réussi à s'exprimer oralement avec plaisir, mais pas avec aisance, sur leurs travaux.

⁂ un autre binôme (2 garçons particulièrement timides, repliés sur eux mêmes) sans sortir réellement de leur mutisme a pu surmonter ses difficultés, a su trouver des solutions, a commencé à s'épanouir, à acquérir une autonomie certaine bien qu'encore incomplète.

⁂ Sur le plan de l'autonomie le progrès a été considérable dans l'ensemble sauf pour un binôme de filles qui est resté empêtré dans ses problèmes et, partie par difficulté intellectuelle à sérier les problèmes, à analyser, par défaut de logique, partie par inhibition devant la machine, a eu constamment recours à un des autres binômes.

INTERET DU MODULE :

Les réactions des élèves sont caractéristiques : il suscite plus qu'un intérêt de curiosité dû à la nouveauté ou un intérêt "ludique".

Il semble bien qu'un certain nombre d'élèves aient trouvé là une expression

qu'ils n'avaient pas eu, sous une forme aussi responsable, l'occasion d'exercer (les garçons font bois, fer, cartonnage, les filles cartonnage en TME - sous une forme plus directive qui plait d'ailleurs à certains).

Ils ont pu commencer là un cheminement propre, utilisant leurs propres richesses,sans qu'on aille jusqu'au bout, faute de temps (on a fait "autre chose" fin février) et faute d'avoir pu, dans les séances imparties, couvrir toutes les exploitations possibles (on en a même en fait couvert peu - les recherches interdisciplines ayant été ébauchées mais sans être menées à terme).

F

I 1 - Le montage et les essais sont intervenus au cours des 3 dernières séances et ont été effectués par les élèves ayant achevé leurs fabrications. Les autres élèves ont continué le travail sur machines ce qui n'a pas permis une étude complète de l'un des 3 thèmes proposés à Orléans. Seule une ouverture sur la fabrication industrielle (en utilisant les fiches correspondantes) a été amorcée.

2 - a) Etude collective sans rédaction personnelle des fiches 1 à 5.
b) Emploi systématique du traçage au marbre pour des pièces telles que 20, 40, 41, et 10, 12, 13.
c) Laisser davantage l'initiative aux élèves dans les prises de décision.
d) Etude et emploi du p. à c. uniquement orale et pratique.

3 - Cette année, le meilleur intérêt pour le module depuis 3 ans : des élèves (pas tous bien sûr) enthousiastes au point que leur prof. de Français a demandé à venir voir. Argument principal : "même si on a des difficultés, on arrive quand même à faire quelque chose, plus lentement peut-être mais sans être en situation d'échec presque total et permanent comme dans certaines matières".

Bien sûr, l'enthousiasme disparaît pour les fiches, sauf pour quelques rares élèves (oui!...)

Bonne maîtrise des machines en fin de module pour $\approx$ 75%.

II - 1 - a) Matériel : tout a été dit : capacités, performances limités, transformations, réglages, jeux, fragilité...
b) Formation technique et pratique : je pense que ça va

c) Organisation de la classe : il faut compter 2 ans pour la roder : répartition des tâches ("équilibre" entre fabrication et autres activités), maîtrise des différents problèmes et rapidité d'évaluation des situations individuelles toujours différentes et renouvelées.

Difficultés dans l'emploi du tableau d'objectifs : une séance du module n'est jamais un tout, une fin en soi ⟹ impossibilité d'assigner à une séance donnée un ou plusieurs objectifs précis ; la fabrication étant engagée, son déroulement conditionne tout.

2 - a) Les difficultés de compréhension des fiches sont inhérentes au caractère technique et pourront difficilement être réduites sans risquer de leur ôter tout intérêt. Beaucoup devraient cependant être raccourcies : temps moyen de rédaction : 1h 1/2 à 2h (et même plus pour certains élèves).

Les élèves ont demandé à disposer des fiches chez eux pour terminer la rédaction des fiches.

Les documents mis à la disposition des élèves n'ont jamais été consultés.

b) Nouveaux objets : peut-être un moteur électrique?...

c) La réflexion technologique ne débouchant pas sur un travail de rédaction est très bien acceptée : intérêt du concret, du pratique.

3 - Intérêt du module : certain :

- action sur les matériaux difficiles à transformer (métaux massifs par ex.) du point de vue des élèves de 4e.
- aspect toujours concret lié à la réflexion.
- travail individuel tendant vers un résultat collectif ⟶ responsabilité dans le respect du "contrat"
- objet technique dont le mécanisme "relativement complexe n'a rien à voir avec les "bidules" souvent faits en TME
- et il plaît aux élèves : c'est le plus important.

Remarque personnelle : presque tous les élèves de 4e et de 3e obtiennent des résultats éblouissants en TME alors que dans le module certains sont (ou étaient) loin de se tirer d'affaire facilement ; il est vrai qu'en TME on ne leur demande pas beaucoup de réflexion ni d'initiative, et que l'autonomie n'y est guère développée.

III - Bilan de cette année :

4 groupes d'élèves :

4e II A : 11 élèves à 3 pièces ⟶ 33 pièces ⟶ 1 comp.
4e II B : 11 " 3 " ⟶ 33 " ⟶ 1 comp.
4e V A : 10 " 3 " ⟶ 30 " ⟶ 1 comp.
4e V B { 6 " 3 ou 4 " ⟶ 22 " ⟶ 1 comp.
{ 6 " 3 ou 4 " ⟶ 22 " ⟶ 1 comp.

140 pièces mises en fabrication

Pièces inachevées : 4/33
5/33
6/32
11/44 ⟶ 1 compresseur seulement monté en 4e V B

Total 26/140

Pièces rebutées et recommencées : 8/140

Fiches : 5 séries entièrement rédigées dans les 4 groupes.
4 autres partiellement.
5 vues collectivement.
La fiche 12 a été faite sous forme d'enquête ou équipe.

L

1) Rien de nouveau à signaler sur les dernières séances : montage du compresseur, essais, le déroulement ayant été analogue à celui des précédentes années.

Les élèves ont effectué une visite des ateliers de mécanique au Lycée Technique qui les a vivement intéressés et a suscité de nombreuses questions.

2) NOUVEAUTES INTRODUITES : pour le module, en technologie : aucune!

pour le travail manuel, les élèves ont dû réaliser un pèse-lettre : schéma et gammes d'usinage joints. Nous avons tenté de faire travailler tous les élèves en même temps, par groupes sur la même pièce, en nous fixant, par classe, un objectif du 12 pèse-lettres. A mon sens, ce fut un échec!

- d'abord parce que par classe, nous n'avons pas atteint plus de 3 à 6 pèse-lettres terminés.
- ensuite parce que la formule de la classe socialisée, telle qu'elle est adoptée pour le compresseur semble provoquer chez les élèves une meilleure émulation. Ceux-ci sont plus intéressés par le travail du voisin, d'une part parce qu'il doit s'assembler au leur, d'autre part parce que l'on voit ainsi beaucoup plus rapidement l'achèvement de l'ensemble monté. En effet, pour l'essai que nous avions tenté, les élèves voyaient bien s'accumuler des pièces terminées, mais ils ne voyaient pas assez vite l'ensemble monté et une certaine lassitude s'est fait sentir pendant le dernier mois.

3) MAITRISE DES MACHINES : très bonne, bien que j'ai eu une mauvaise classe. Par contre l'apprentissage, par nécessité, de la lecture du pied à coulisse demeure très aléatoire. Comme j'avais des groupes d'élèves peu fournis, les fiches ont parfois été délaissées au profit de la fabrication. Celles qui ont été faites ont intéressé les élèves dans la mesure où ils disposaient d'une machine pour effectuer leurs essais.

4) INFORMATION MANUELLE : Des élèves qui avaient abordé l'expérience avec un préjugé défavorable (surtout les filles) l'ont quitté à regret.

---

1) DIFFICULTES RENCONTREES :

- Matériel : il demande un entretien considérable : sont surtout détériorés : de nombreux écrous carrés, des vis de bride, deux tables de fraisage (cassées lors du serrage des brides) - deux trainards (cassés au niveau de la pince de blocage sur le guidage cylindrique).

  Donnent des signes de défaillance : certaines vis dont la tête à 6 pans creux est foirée, un fourreau (crémaillère foirée)

  2.000 F de matériel sont en commande pour réparer ces dégâts et effectuer une certaine maintenance.
- Formation technique et pratique : aucune difficulté. (Il manque toutefois une fiche sur les filetages, certains élèves perçant par exemple à 4 pour M 4).
- Organisation de la classe : aucune difficulté.

2) PROPOSITIONS D'AMELIORATION :

- Pour la rédaction et utilisation des fiches : néant,
- Pour la mise au point de nouveaux objets : voir gamme jointe qui a été essayée pendant un an et relue et corrigée pendant les congés d'été. Il sera bon toutefois de la soumettre à des spécialistes avant diffusion car mes notions de cotation datent de 1956!... Enfin les élèves semblent me comprendre!

  Nous serions heureux de connaître les réalisations d'autres collègues!

3) AVENIR DU MODULE : nous avons l'intention de continuer le travail de technique de fabrication en heures de travaux manuels, dans le cadre de la réforme. En effet, un certain nombre d'objectifs nous semblent en grande partie atteints :

- revalorisation du travail manuel ; prise de conscience, par les élèves du fait que ce type de travail manuel doit être précédé d'une démarche intellectuelle importante.
- socialisation du travail ; certains élèves se sont intéressés au schéma de fonctionnement d'une entreprise pour juger s'il correspondait à ce que nous avions entrepris.
- autonomie, acquisition de vocabulaire technique, débrouillardise.
- intérêt certain, à condition de se réserver des séances de discussions comme je l'ai fait l'an dernier, discussions qui se prêtent souvent à dépasser largement le cadre du module, notamment en instruction civique (conditions de travail, sécurité etc...) et en technologie des matériaux.

En conclusion, ce module mérite largement d'être poursuivi car il suscite très largement l'intérêt des parents et des élèves. Il serait bon toutefois de prévoir cette année une réunion nationale de concertation.

P

1) Description des dernières séances

. avant dernière séance : Montage de l'objet et essais (quelques élèves filles se désintéressent des réglages après avoir vu l'objet fonctionner).

. dernière séance : discussion sur le fonctionnement et les possibilités d'améliorer les performances.

2) Nouveautés introduites

Comme l'année passée histoire du tour à partir d'un tour à bois primitif (je n'ai pas pu visiter les ateliers du CET).

3) évolution : 2/3 des élèves acquièrent une bonne autonomie dès Pâques le travail des fiches a été plus suivi, sauf pour une classe de 24 élèves.

A noter que les classes de 24 élèves sont à proscrire

- difficulté de discipliner le travail sur fiches
- le binôme cette année a été presque un échec, absence de responsabilité individuelle.

4) Difficultés

- la première année je ne maîtrisais pas assez bien les machines lors des petites pannes.
- difficultés aussi chaque année à faire une liaison constante entre travail sur fiches et travail aux machines.

5) Amélioration

- fabriquer d'autres objets qu'un compresseur

6) Comparaison : les techniques de fabrications sont assez éloignées de la conception habituelle de la technologie et des sciences physiques. Cependant cette ouverture sur le monde technique est indispensable à un moment donné de la vie scolaire.

7) Intérêt

C'est la seule fois où les élèves auront l'occasion de réaliser quelque chose de leurs mains, et surtout un objet dynamique.

- les motifs de son abandon :
  1) les économies : la réforme Haby est une réforme économique!
  2) les vieilles barbes qui nous inspectent se sentent dépassés par les méthodes nouvelles d'enseignement alors ils refusent tout progrès (le ronron habituel les rassure).

Q

I - Contenu des dernières séances

- Il a porté sur les différents aspects de la fabrication. Il a notamment été question d'une technique de fabrication : emboutissage avec présentation d'objets emboutis et les quelques données concernant cette technique. Les élèves ont été stupéfaits d'apprendre que les extincteurs étaient obtenus par emboutissage comme les bouteilles camping gaz. Ceci nous a d'ailleurs amené à parler du soudage et du brasage.

Evolution observée sur les attitudes des élèves

- Les élèves ont apporté un vif intérêt pour la fabrication et un moindre intérêt pour le travail sur fiches. Ci-jointes à cet envoi, les réflexions qu'ont écrites les élèves au sujet du module.

- Il semble qu'il y ait moins d'ennuis sur les machines que les années précédentes sauf pour les écrous.

II - 1) Difficultés rencontrées

Si la formation a été suffisante pour pratiquer le "module", les compléments d'information ou de formation nécessaires au prolongement du module m'apparaissent insuffisant et il semblerait nécessaire de parvenir à une autre étape de formation permettant une meilleure connaissance du monde technique.

2) Ne serait-il pas souhaitable d'aborder le module "techniques de fabrication" en début d'année de façon à pouvoir prolonger ce module pendant 2 mois environ. Ce prolongement pourrait être utile également pour des visites d'usines.

R

1 - Dans les dernières séances les élèves ont pratiquement fini toutes les pièces nécessaires au montage d'un compresseur par groupe. Dans chaque groupe on possède pratiquement chaque pièce en double exemplaire, seuls quelques échantillons manquent car des élèves ont été absents au cours de l'année.

Les élèves ont passé l'avant dernière séance au montage du compresseur. Le montage a été terminé au cours de la dernière séance mais on n'a pas eu le temps de faire les essais.

---

2 - Le travail sur fiche a été particulièrement efficace cette année, seules les fiches 22 - 23 - 26 n'ont pas été étudiées. Les élèves ont fait le travail sérieusement mais ils préféraient tous le travail sur machine.

---

3 - Tout au long de l'année je me suis efforcé d'augmenter l'autonomie des élèves et les dernières séances je n'ai pratiquement plus eu à intervenir sur les machines, les élèves étant capables de rechercher la cause d'un incident ou d'expliquer à un camarade comment faire un montage, un usinage.

Ce même esprit d'information mutuelle s'est retrouvé dans l'étude des fiches.

Cependant je dois constater que certaines filles manifestent peu d'intérêt

pour la technologie car elles sont semble-t-il très influencées par le milieu "à quoi ça sert aux filles" etc...

---

4 - Les difficultés rencontrées sont de deux sortes :

- difficultés matérielles : les machines bien qu'assez solides s'usent assez vite : - les jeux deviennent importants, et les moteurs ont souvent des faux contacts
  - les vis à tête hexagonale s'usent vite
  - les têtes carrées des brides se brisent facilement

- difficultés pédagogiques. Les stages de formation ont été indispensables mais après le travail a été relativement facile.
  Pour un module, il faut une très grande participation du professeur pendant les premières séances et un certain enthousiasme car les élèves sont un peu perdus et les questions sont nombreuses.

  La classe fonctionne en deux groupes : un groupe sur machines, un groupe sur fiches et ceci alternativement tous les quinze jours. Les élèves doivent prendre de l'autonomie, apprendre à résoudre les problèmes posés par l'usinage et surtout réfléchir sur le travail réalisé.

Le module est très supérieur à la technologie actuelle et tous les élèves le disent. Ils comprennent mieux les problèmes en manipulant mais il faut se méfier de la facilité qui ne consisterait qu'à manipuler la réflexion est essentielle même si parfois les élèves refusent un peu l'effort. C'est dans ce domaine que la différence est grande avec les travaux manuels. En T.M. on cherche avant tout à réaliser un objet plus ou moins utile ou artistique mais on ne réfléchit pas assez à tous les problèmes technologiques.

Je pense que ce module pourrait être introduit avec succès dans beaucoup de classes et qu'il répondrait ainsi à beaucoup de préoccupations officielles dans le domaine technique. Mais attention à ne pas séparer travail sur machine et travail sur fiche.

L'intérêt du module est évident et j'en ai déjà longuement développé les raisons au cours du stage où nous avons discuté des objectifs (voir tableau des objectifs que nous avons réalisé ensemble).

J'ai rencontré des élèves ayant réalisé le module il y a 2 ans et très souvent ils ont demandé avant de parler d'autres problèmes si on continuait l'expérience.

Comme je leur demandais ce qu'ils en pensaient maintenant, ils m'ont répondu que cela les avait beaucoup intéressés et que pour ceux qui sont entrés dans le technique, les connaissances acquises les avaient aidés : reconnaissance du tour, des outils, des méthodes d'usinage bien que les dimensions soient plus grandes.

Les élèves en 3e cette année auraient voulu recommencer et ceux de 4e voudraient bien continuer. Les redoublants me demandent si c'est leur classe qui refera l'expérience.

Les parents ont suivi avec un certain enthousiasme ces expériences et m'ont dit que leurs enfants parlaient beaucoup de ce que nous faisions à l'école. On voit d'ailleurs à travers les fiches d'enquêtes que beaucoup de pères participent aux recherches en compagnie des enfants (peut-être aidons nous ainsi certains enfants à établir un lien avec un père ouvrier qui devant notre enseignement très livresque se sentait souvent "tenu à l'écart" ou voire "diminué" aux yeux de son enfant). Très souvent quand je reçois des parents d'élève je leur demande s'ils désirent voir le matériel utilisé par leur fils ou leur fille et les pièces réalisées. Chaque fois c'est le même intérêt : le manuel est heureux de voir que nous nous efforçons de travailler selon les règles du monde technique et que nous ne nous contentons pas de manoeuvrer mais que tout un travail de réflexion accompagne le travail sur machine en montrant ainsi sa richesse. Si le père est un intellectuel il s'intéresse plus au travail de réflexion, avec souvent des remarques prouvant qu'ils envient leurs enfants d'utiliser un tel outillage. Quant aux mères elles sont favorables à 99 pour cent à cette expérience même s'il s'agit de filles je dirais presque surtout s'il s'agit de filles. Elles ont la sensation de voir tomber le masque de la supériorité de l'homme dans le monde technique car le module montre bien que les filles se débrouillent aussi bien voire mieux que certains garçons.

S

I - Organisation pour l'année 1976-77

Une quatrième de type I (élèves étudiants le latin regroupés dans cette classe) - 28 élèves en deux groupes de 16 et 12 pour des problèmes de cars de ramassage.

- début de l'expérimentation : mi-décembre (enquête sur air comprimé) - mise en route de la fabrication des pièces les plus simples (par binômes) en janvier, - arrêt en mars de trois semaines pour étude des fiches de travail - machines - reprise après vacances de Pâques pour terminer début juin (montage et essais).
- était prévu un compresseur par groupe au lieu de deux et la réalisation de pièces pour éventuellement en monter un troisième. Il n'a pas été possible de fabriquer des pièces en supplément.
- la première période et la "pause" se sont déroulées correctement, en particulier ce "type" d'élèves a particulièrement apprécié le travail sur fiches et y a apporté un soin tout particulier, ce qui semblait bien préparer la troisième phase. Or, il s'est produit le phénomène inverse : les élèves ont pris une plus grande liberté aussi bien dans l'utilisation du dessin que dans celle des fiches de gammes, ce qui a évidemment provoqué un grand nombre de "ratés" dans la réalisation des pièces. J'ai noté deux sortes de réactions devant cette situation : un petit nombre des élèves (4 ou 5) prenait la chose avec désinvolture et s'en faisait presque une gloire, une autre catégorie d'élèves (7 ou 8) a refusé par la suite le moindre effort de recherche et attendait mon intervention pour effectuer un montage ou une vérification.
A la limite, on peut se demander s'il n'y a pas eu un certain mépris vis à vis de travaux qui étaient considérés comme des tâches manuelles par rapport aux travaux plus intellectuels demandés dans les autres disciplines. Ou bien s'agit-il de la part d'élèves en moyenne plus jeunes d'un an _ les deux années précédentes j'avais effectué le module avec des élèves de type II _ d'un manque de rigueur dans la réalisation d'un travail, manque de rigueur qui apparaît moins nettement dans les autres matières. Il semblerait donc à l'issue de ces trois années que le module "Techniques de fabrication" devait s'adresser à des élèves ayant acquis dans leur comportement une maturité que ne possèdent pas toujours des élèves brillants dans les matières "scolaires" mais qui se découragent facilement lorsque la réussite n'est pas spontanée.

Il me semble aussi que l'origine sociale des élèves joue un rôle dans

l'attitude de ceux-ci devant le travail demandé : les élèves des familles les plus aisées ne semblaient pas considérer les conséquences d'un échec ("on recommence la pièce") et sont sans doute moins attentifs à s'asteindre à réunir les conditions de la réussite dès le premier essai.

II - Difficultés et améliorations

Les plus grosses difficultés éprouvées depuis le début de l'expérimentation ont porté essentiellement sur l'entretien du matériel. S'il est possible de se documenter ou d'étudier un point particulier sur la conception ou la fabrication du compresseur, sur l'organisation et la réalisation des machines, si lors des stages un certain nombre d'observations et de conseils nous ont été donnés, par contre j'ai ressenti vivement le manque de formation pratique sur l'entretien du matériel et essentiellement celui des outils mis à notre disposition (affûtage en particulier). Il serait bon que si d'autres stages de formation se déroulent, des séances de maintien en état des machines (réglage des manivelles en particulier) et des outils soient prévues.

Il faut noter aussi que dans certaines régions (la nôtre en particulier) des difficultés très sérieuses pour remplacer des pièces (chariot transversal) ou se procurer des matériaux en quantités réduites (budget de l'établissement) n'ont pu être résolues que grâce à la bonne volonté des collègues et la solidarité qui s'était développée dans un groupe réduit. Devant une généralisation, il serait nécessaire d'organiser une coopérative pour ces achats.
L'organisation de la classe n'a pas posé de problèmes au cours de ces trois années d'expérimentation. J'ai eu la chance de travailler avec des classes dédoublées et le groupe le plus nombreux n'a jamais dépassé 16 élèves, ce qui me semble être le maximum admissible compte tenu du matériel mis à notre disposition et de l'exiguïté du local qui avait été affecté à l'expérimentation.
Il me semble aussi que c'est un maximum pour la disponibilité du maître dans sa classe, il arrive déjà souvent dans ces conditions que des élèves attendent le petit "coup de pouce" qui leur permette de poursuivre leur travail.
Les fiches de travail sont de difficultés très inégales et posent de gros problèmes de langage pour des élèves de type II, même en essayant de trouver une progression qui se calque sur l'avancement du travail avec machine. Il faut de plus pour en réaliser un certain nombre arrêter totalement la fabrication (pause de trois semaines en mars). En outre, l'absence de correspondance entre les références des fiches de travail et de la notice Unimat a beaucoup gêné les élèves. Les exercices les mieux réussis sur fiches semblent être ceux

qui sont présentés sous forme de schémas. J'ai essayé l'an dernier aussi de faire tenir par binômes un cahier de compte-rendus par séance présentant le travail effectué, les difficultés remontées, les blocages, les solutions trouvées ou données par mon intervention. Ce travail semblait intéressant mais pour les raisons énoncées plus haut et le manque de temps en fin d'année, nous n'avons pas pu établir une synthèse qui nous aurait peut-être permis de faire un inventaire des problèmes et d'évaluer les progressions collective et individuelle. Il serait peut-être souhaitable d'effectuer ces travaux de synthèse d'une manière plus systématique à différents moments de l'avancement du module.

En conclusion, je pense donc que le module "Techniques de fabrication" mérite d'être conservé dans le cadre actuel de l'organisation envisagée par le premier cycle. Sans parler des connaissances qu'il peut apporter à l'élève et des perspectives qu'il peut lui ouvrir pour son engagement futur, il nous permet de mettre en valeur, chez de nombreux élèves et pas toujours les plus "scolaires", des qualités d'observation, de rigueur, de discipline devant un travail précis, que les autres matières ne montrent pas toujours. Mais je crois qu'il doit être renvoyé en fin de scolarité obligatoire (3e?) et pour des élèves qui auraient acquis une maturité suffisante, les conditions pourraient être déterminées peut-être par des travaux préparatoires en technologie ou en physique dans la classe précédente.

3) DIFFICULTES RENCONTREES PAR LES ELEVES EN USINAGE (M. PEZET, mars 81)

1 - Mise en position de la pièce en mandrin 3 mors :
    a - positionnement entre 2 mors seulement
    b - serrage de la pièce
2 - Mise en position de la pièce entre pointes :
    a - montage du plateau à lumières (à l'envers)
    b - montage du toc
    c - position de la poupée mobile
    d - mise en position de la contre-pointe et blocage
    e - lubrification
3 - Mise en position en montage mixte : 1 + 2 (c,d,e)
4 - Reconnaître un outil de tournage d'après sa silhouette
5 - Reconnaître l'arête de coupe d'un outil de tournage
6 - Mise en position et maintien position de l'outil par rapport à la pièce :
    a - orientation de l'arête de coupe
    b - réglage de la hauteur par rapport à l'axe de tournage
    c - position de l'outil (et du porte-outil) sur le chariot afin de permettre l'usinage de la pièce (pour course suffisante)
7 - Approche de l'outil
8 - Choix de la pénétration
9 - Première passe, retour arrière, pénétration, deuxième passe,...
10 - Position des courroies (surtout quand il y en a deux)
11 - Emploi des instruments de mesurage, surtout du pied à coulisse
12 - Détermination de la pénétration pour la dernière passe
13 - En perçage : mise en position du foret dans le mandrin (cf. 1a)
14 - Monter une table à rainures ou un étau
15 - Brider une pièce sur la table
16 - Mise en position du foret par rapport à la pièce (coïncidence des axes)

TABLE DES RÉFÉRENCES

Introduction - 1ère partie
conclusion

objectifs

1) ASTOLFI, JP, BEAUCHAMP, N, BORGEL, C, GINSBURGER VOGEL, Y .

Les exercices d'autocontrôle biologie 6ème - 5ème, CES de MARLY Supplément n° 8, Bull. liaison des professeurs de biologie des CES expérimentaux, INRP, 1974 - livret 27 p. - fiches questions - fiches réponses.

2) ASTOLFI, JP, GIORDAN, A, GOHAU, G, HOST, V, MARTINAND, JL, RUMELHARD, G, ZADOU-NAISKY, G,

Quelle éducation scientifique pour quelle société ?
Paris, PUF, 1978, 229 p.

3) BAEZ, A

L'innovation dans l'enseignement des sciences : synthèse mondiale.
UNESCO, 1977, 279 p.

4) BACHELARD, G.

La formation de l'esprit scientifique, contribution à une psychanalyse de la connaissance objective (1938)
J. Vrin, 4ème éd. 1965, 257 p.

5) BARBOUX, M, GUESNE, E.

Module photographie, document maître (2ème édition) multigraphié
LIRESPT, 1977, 165 p. + annexes

6) BIRZEA, C.

Rendre opérationnels les objectifs pédagogiques
PUF, 1979, 224 p.

7) BLOOM, BS., ENGELHART , MD., HILL, WH., FURST, EJ., KRATHWOHL, DR.

Taxonomie des objectifs pédagogiques I Domaine cognitif (1956)
Montréal, Education nouvelle, 1969
(Trad.. M. Lavallée) 232 p.

II - Domaine affectif, 1970, 231 p.

8) BLOOM, BJ, HASTINGS, JT, MADAUS, GF.

Handbook on Formative and Summative Evaluation of Student Learning .
New-York, Mc Graw Hill 1971, VII + 922 p.

9) BONORA, D.

Les buts de l'éducation
in Traité de Psychologie appliquée t. 6 éducation et institutions éducatives
Paris, PUF 1973, p.139-191 (M. Reuchlin dir.)

10) CARRE, A.

l'IPN de Kiel
Bull. liaison du LIRESPT n° 3, sans date, p. 91-112

11) CHANCEREL, JL.

La construction des systèmes de formation par Unités capitalisables
Bern, Peter Lang, 1978, 453 p.

12) CHASTRETTE, M, MIGEON, M, SCHWARTZ, B.

Formulation d'objectifs et gestion du temps, le développement d'une "Ecole française"
Education permanente, n° 53, Juin 80, p. 3-20

13) CHOMAT, A, MARTINAND, JL.

La physique en 6ème : une pédagogie nouvelle ?
Bull. Union des Physiciens, n°599, 1977, p. 385-389

14) DE BLOCK, A

La taxonomie des objectifs éducatifs
Revue Française de Pédagogie, n° 47, 1979, p.5-11

15) DE CORTE, E, GEERLIGS, CT, LAGERWEIJ, NAJ, PETERS, JJ, VANDENBERGHE, R, (1976) adaptation française VAN CUTSEM, V.
Les fondements de l'action didactique
Bruxelles, DE BOECK, 1979, 383 p.

16) DE KETELE, JM.

Les problèmes des objectifs dans le cadre d'une "préparation de leçon"
Les sciences de l'éducation, Pour l'ère nouvelle, n°1, 1975 p.7-52

17) DELACOTE, G.

Rapport d'orientation pour la création d'une ERA
Document multigraphié, LIRESPT, 1973,

18) DELACOTE, G.

L'enseignement intégré des sciences - un exemple parmi d'autres : sciences et technologie
Rapport à la Conférence Internationale sur l'Enseignement de la Physique Edimbourg 1975
Compte rendu : l'enseignement scientifique intégré ou multidisciplinaire au niveau de l'école secondaire
UNESCO, Tendances nouvelles de l'enseignement de la physique
Vol. III, 1976, chap. 13, p. 207-215

19) DELACOTE, G.

de l'innovation à la réforme
Bull. Union des Physiciens, n° 597, 1977, p. 140-169

20) DE LANSHEERE, G et V.

Définir les objectifs de l'éducation, 1ère éd.,
Paris, PUF, 1975, 293 p.

21) D'HAINAUT, L.

Des fins aux objectifs de l'éducation
2ème éd. 1980, Paris-Bruxelles, Nathan - Labor 445 p.
préf. BIANCHERI, A, p. 9-13

22) DUCHESNE, F.

Evaluation expérimentale de la maîtrise du dessin technique au niveau de la 3ème du secondaire rénové.
mémoire de licence, Un. de Mons, 1977

23) DUCHESNE, F.

Compétences en dessin technique
L'ingénieur et le technicien de l'enseignement technique n° 217, p. 21-29

24) DUCHESNE, F, MINGUET, P.

Recueil d'objectifs opérationnels se rapportant à des cours techniques et de pratique professionnelle
documents multigraphiés, sans lieu, 1979

25) DUREY, A, MESMIN, M.

Circuits électriques, 6ème
LIRESPT, 1978, 110 p.

26) GAGNE, RM,.

Les principes fondamentaux de l'apprentissage
Application à l'enseignement
Holt Rinehart Winston, Montréal 1976
Ed. angl. 1975

27) GAGNE, RM, BRIGGS, LS
Principles of Instructional Design
New-York, Holt Rinehart , Winston, 1974
IX + 270 p.

28) GIORDAN, A.

Une pédagogie pour les sciences expérimentales
Paris, le Centurion, 280 p.
préface par R. HELLER, p. 5-8

29) GRAS, R.

Vers un programme éducatif par objectifs en mathématiques
IO n° 7, IREM D'Ordéans, 1977, p. 125-141

30) GRAS, R.

Contribution à l'étude expérimentale et à l'analyse de certaines acquisitions cognitives et de certains objectifs didactiques en mathématique
thèse d'Etat, Un. Rennes I, 1979

31) GREEN, E.

Towards Independent Learning in science
Fragmore, Hart - Davis Educational , 1976, 236 p.

32) GRONLUND, NE,

Stating behavioral objectives for classroom instruction
Toronto, Collier-Macmillan, 1970, VI + 58 p.

33) GUICHARD, O.

Mission de la Commission d'études pour l'enseignement des sciences physiques dans le second degré, directives de M. OLIVIER GUICHARD, Ministre de l'Education Nationale, Allocution du Ministre de l'Education nationale (27.5.71)
Bull. Union des Physiciens, n° 597, p. 7-12.

34) HABY, R.

Pour une modernisation du système éducatif
Paris, Documentation française 1975, 52 p.

35) HAMELINE, D.

Les objectifs pédagogiques en formation initiale et en formation continue
Paris, ESF, Ent. Mod. Ed. 1979, 200 p.
Préf. B. SCHWARTZ p. 15-19

36) HAMELINE, D.

L'entrée dans la pédagogie par les objectifs
Revue française de pédagogie, n° 46, 1979, p. 79-90

37) HARLEN, W.

Sciences 5-13 : a Formative Evaluation
Schools Council Research Studies
London, Mac Millan Education, 1975, VIII + 128 p.

38) HÖRNER, W.

Curriculumentwicklung in Frankreich
Probleme and Lösungsversuche einer Inhaltsreform der Sekundarschule (59-76)
Weinheim, Beltz Verlag, 1979, XIX + 442 p.

39) HOST, V.

Initiation scientifique et technique dans le cadre des activités d'éveil - définition des objectifs
La recherche en éducation, contribution à la méthodologie (recueil de textes).
INRP, SERP, doc. multigraphié , 1974, p. 137-157

40) HOST, V.

la recherche pédagogique en sciences
Revue française de pédagogie, n° 52, 1980, p. 79-90

41) HOST,V .

Place des procédures d'apprentissage dites spontanées dans la formation scientifique
Revue Française de pédagogie, n° 45, 1978, p. 103 - 110

42) HOST, V.

Propositionsen vue de la discussion des points de convergence des différentes recherches en cours.
Activités d'éveil scientifiques, initiation expérimentale
Bull. Section sciences INRP, n° 16, 1977, p. 13-17

43) HOST, V, MARTINAND, JL.

Effets de l'introduction des activités d'éveil physico-technologiques sur les apprentissages fondamentaux au Cycle Préparatoire
Rapport de fin de recherche, ENS Fontenay, INRP, 1979, 48 p. + annexes

44) LEBOUTET, L.

L'enseignement de la physique
Paris, PUF, 1973, 200 p.

45) LEGRAND, L.

Pour une politique démocratique de l'éducation
Paris, PUF, 1977, 293 p.

46) LUMBROSO,M .

a propos de la définition des objectifs pédagogiques
IO. n° 7, IREM d'Orléans p. 5-10

47) MAGER, RF.

Comment définir les objectifs pédagogiques
Paris, 2ème éd. revue (1975), Bordas, 1977, XII + 132 p.

48) MANEVEAU, G.

Musique et éducation
Aix en Provence, Edisud , 1977, 242 p.

49) MARTINAND, JL.

L'IPN de Kiel, Compte rendu de visite
GTCREP, 1973, 36 p.

50) MARTINAND, JL.

quelques idées pour une initiation technologique
Recherche Pédagogie et Culture, n° 38, 1978, p. 64-70

51) MARTINAND, JL.

Acquis et perspectives de la recherche sur les activités d'éveil en physique et technologie
Cahiers de Fontenay, n° 16, Sept. 79, p. 109-124

52) MARTINAND, JL.

Les documents dans l'initiation aux sciences physiques
Bull. liaison du LIRESPT, n° 4, sans date, p. 87-104

53) NOT, L, AMIEL, CH, BRU, M, DAUVAISIS, JP, LAFFONT, JP.

A propos des objectifs en pédagogie
Université de Toulouse, Le Mirail, Service Publications 1979, 192 p.

54) POCZTAR, J.

La définition des objectifs pédagogiques; bases composantes et références de ces techniques
Paris , ESF, 1979, 170 p.

55) POINSSAC-NIEL, J.

Technologie éducative et histoire

Paris, PUF, 1975, 315 p.

56) REVUZ, A.

Est-il impossible d'enseigner les mathématiques ?
Paris, PUF, 1980, 153 p.

57) ROMIAN, H.

Pour une pédagogie scientifique du français
Paris, PUF, 1979, 253 p.

58) SHULMAN, LS, KEISLAR, ER. Edit.
La pédagogie par la découverte,(1966)
Trad. R. DUTOUR, Paris, ESF, 1973, 181 p.

59) THOMSON, BS, VOELKER, AM.

Programs for Impoving Science Instruction in the Elementary School SCIS
Science and Children Vol. 7, n° 8; 1070, p. 29-37

60) TIBERGHIEN, A.

Initiation aux circuits électriques simples
document multigraphié
CDDP, La Rochelle, 1975, 133 p.

61) TIBERGHIEN, A.

Sciences 5 à 13
Bull. de liaison du LIRESPT n° 3, sans date, p. 129-138

62) TIBERGHIEN, A. DELACOTE , G.

Rapport du groupe de réflexion sur le travail par objectifs
Bull. de liaison du GTCREP n°1, 1975, p. 63-68

63) TIBERGHIEN, A, DELACOTE ., G.

Manipulations et représentations de circuits électriques simples par des enfants de 7 à 12 ans
Revue française de pédagogie, n° 34, 1976, p. 32-44

64) TOURNEUR, Y.

Effets des objectifs dans l'apprentissage. Etude expérimentale
Min. Ed. nat. et cult. française, 1975, 324 p., Bruxelles.

65) VERMERSCH, P.

Analyse de la tâche et fonctionnement cognitif dans la programmation de l'enseignement
Bull. Psych. XXXIII n° 343, p. 179-187, 1979

COLLECTIFS

66) Cahiers pédagogiques
la pédagogie par objectifs
Cahiers pédagogiques n° 148-149, Nov. 1976

67) ESS
The ESS Peader
Elementary Science Study
Ed. Dev. Center, Newton Mass., 1970, 236 p.

68) GTCREP
Bulletins de liaison du GTCREP
n° 1, 1975
n° 2-1, 1976
2-2, 1976
n° 3 1977
n° 4 1979

69) INRP (Recherches Pédagogiques)
Biologie (initiation expérimentale) en 6ème et 5ème dans les CES expérimentaux
RP n° 55, 1972, 186 p.

70) INRP (Recherches Pédagogiques)
Activités d'éveil scientifiques à l'école élémentaire
I Objectifs - méthodes - moyens
RP n° 62, 1977, 249 p+ tableaux
II Première approche des problèmes écologiques
RP n° 70, 1974, 307 p.
III Initiation physique et technologique
RP n° 74, 1975, 295 p.
IV Initiation biologique
RP n° 86, 1976, 417 p.
V Démarches pédagogiques en physique et technologie
RP n° 108, 1980, 138 p.
VI Eléments d'évaluation
RP n° 110, 1980, 132 p.

71) INRP
Bulletins de la section biologie INRP.
n° 7, 1973
n° 11, 1975
N° 12, 1976, colloque sur la recherche en pédagogie de la biologie (Jussieu)

72) IREM, Orléans
Pédagogie par objectifs et objectifs en pédagogie
IO, n° 7, IREM d'Orléans, 1977 , 191 p.
actes du colloque d'Orléans 4-6 Fév. 1977

73) Ministère de l'Education
Fiches documentaires sciences expérimentales n° 1,
CNDP, 1977

74) Ministère de l'Education
Réforme du système éducatif
contenus de formation à l'école élémentaire
cycle préparatoire, 1977, 61 p.
cycle élémentaire, 1978, 112 p.
cycle moyen, 1980, 140 p.
CNDP, horaires, objectifs, programmes, instructions.

75) Ministère de l'éducation
Réforme du système éducatif
sciences expérimentales
classes des collèges, 6ème, 5ème, 4ème, 3ème
horaires, objectifs, programmes, instructions
CNDP, 1979, 71 p.

76) Electronique, livre du professeur, doc. multigraphié
LIRESPT, sans date, 165 p.

77) Groupe PREFA
recherche et utilisation d'objectifs pédagogiques à propos du module "Polymères et matières plastiques"
Orléans, IREM - CRDP, 1979, 192 p.

78) Schools Council
Match and Mismatch
2 vol. 1 Raising Questions - 2 Finding Answers
258 p. 169 p.
Edinburgh, Oliver et Boyd, 1977

79) Union des physiciens
Documents de la commission Lagarrigue
Bulletin Union des Physiciens n° 597, Oct. 1977, XXXII + 169 p.

80) Les sciences pour les enfants de 5 à 13 ans
Trad. abrégée de With Objectives in Mind
LIRESPT, 48 p. + tableaux

81) Lumière et ombre, traduction
LIRESPT, sans date, 118 p.

82) Sciences physiques, collection libres Parcours
Paris, Hachette
6ème manuel élève 1977, 96 p.
6ème livre du professeur, 1977, VIII + 224 p.
5ème manuel élève 1978, 128 p.
5ème livre du professeur, 1978, XX + 233 p.
4ème manuel élève 1979, 152 p.
4ème livre du professeur, 1979, VIII + 344 p.
3ème manuel élève, 1980, 160 p.
3ème livre du professeur, 1980, V + 314 p.

2ème partie - Chapitre 1

Fabrication

1) BOCCARA, P.

Sur la révolution industrielle du XVIIIème siècle et ses prolongements jusqu'à l'automation
La Pensée 1964, n° 115, p. 12-27

2) BOUVARD, G.

Les petits-fils du premier maître
Moscou, Ed. du Progrès, 1980, 224 p.

3) BOUVARD, G. PELLENQ, P.
L'enseignement en RDA
Ed. Sociales 1973, 287 p.

4) CANONGE, F, DUCEL, R.

La pédagogie devant le progrès technique
PUF, 2ème éd. 1975, 223 p.

5) CAPDUPUY, M, KIRSCH, JL. MERCHIERS, J, RANNON, J.

Changement technique et évolution des emplois,
l'orientation scolaire et professionnelle 1980, 9, n°4, p. 337-350

6) CAZENOBE, J.

L'onde de Hertz considérée dans ses rapports avec celle de Marconi

Systèmes symboliques, science et philosophie
Ed. du CNRS, 1978 p. 167-178

7) CHABAL, J, DE PREESTER, R, SCLAFER, J, DUCEL, R.

Méthodologie de la construction mécanique
Foucher, 1973, 122 p. + planche diapos

8) CHABAL, J, GREUTER, P.

L'enseignement polytechnique en RDA - les "boites de construction"
INRP - ERET, 1980, 73 p.

9) CHABAL, J, MARTINAND, JL.

Histoire du tour
GTCREP, 1974, 32 p. + XVI clichés

10) CHANCEREL, JL.

1978, réf. citée en 1ère partie

11) CHAPOVALENKO et col.

L'enseignement polytechnique en URSS
UNESCO, 1964, 446 p.

12) COUSIN, C.

Textes officiels et enseignement de la technologie
ENS Saint-Cloud,CREFED, documents pédagogiques n° 5, 1973, 81 p.

13) DEBOS P.

Mécaniques (Fabrications)
Enc. Un. Vol. 10 p. 661-667

14) DEFORGE, Y.

L'éducation technologique
Casterman, 1970, 174 p.
préface CAPELLE J., p. 7-9

15) DEFORGE, Y.

La technologie en Europe
Cahiers pédagogiques, n° 106, 1972, p. 15-22

16) DEFORGE, Y.

Le graphisme technique
1 A Son histoire
B son enseignement
C sa signification
2 Atlas des illustrations
Thèse 1975 Un. Paris V
Atelier de repr. thèses, Lille, 1977, 427 p. + planches

17) D'HAINAUT, L.

1979, Réf. citée en 1ère partie

18) DINZIN , J.

Les propriétés et les formes dans l'industrie
Hermann, 1949, 106 p.
préface CHENEVARD P., p. 5-7

19) DUBAR, C,

Formation permanente et contradictions sociales
Ed. sociales, 1980, 223 p.

20) EPRON, JP.

L'édifice idéal et la règle constructive
CEMPA, école d'architecture, Nancy, 517 p. 1980

21) GAGNAIRE, PJ.

La machine-outil de demain
Le Monde, 25.6.1975, p. 23

22) GARANGER, A.

Les machines-outils
DAUMAS, M., Histoire des techniques, t. V, les techniques de la civilisation industrielle, Paris, PUF, 1979, p. 97-156

23) GEMINARD, L.

Logique et technologie, Dunod, 1970, X + 220 p.

24) GEMINARD, L.

La technologie dans le premier cycle de l'enseignement secondaire - objectifs et perspectives.
Enseignement et technologie n° 2 Juin 1971, p. 3-7 (tiré à part)

25) GILLE, B.

Histoire des techniques
NRF, Enc. Pléiade, 1978, XVIII + 1652 p.

26) HAUDRICOURT, AG.

La technologie, science humaine
La Pensée, n° 115, Juin 1964, p. 28-35

27) HULIN, M.

Remarques préliminaires relatives à l'enseignement dit de "technologie"
Bull. Union des physiciens, N° 597, 1977, p. 27-38

28) JAROSZEWSKI, TM.

Définition et signification du concept de "pratique" dans la philosophie de Karl Marx (1970)
Recherches Internationales n° 75, 1973, 19 p.
présentation MICHAUX, B.

29) KOHN, E., POSTLER, F.

Enseignement et formation polytechniques en République Démocratique Allemande
Min. Ed. Nat. RDA, 3ème éd. 1973, 61 p.

30) LANGEVIN, P.

la notion de corpuscule et d'atome
Hermann, 1934, 47 p.

31) LEGOUX, Y.
Du compagnon au technicien
Technique et vulgarisation, 1972, XII + 560 p.

32) LEON, A.

Psychopédagogie de l'orientation professionnelle
PUF, 1957, XI + 132 p.
préf. WALLON, H. p. VII-XI

33) LEPLAT, J, PAILHOUS, J.

L'activité intellectuelle dans le travail sur instrument
Bull. psych. 72-73, XXVI, 306 n° 12-17, p. 673-680

34) LYAND, R, BATTIER, A, CHAPELLE, J. MICHAUD, J, PAYAN, A.

Guide de technologie, 4ème et 3ème III
Armand Colin, 1972, 176 p.

35) MARTINAND, JL.

Pratiques sociales de référence et compétences techniques : à propos d'un projet d'initiation aux techniques de fabrication mécaniques en 4ème.
Actes des 3ème journées de Chamonix sur l'éducation scientifique : diffusion et appropriation du savoir scientifique, enseignement et vulgarisation.
Un. Paris VII, UER de didactique des disciplines, 1981, p. 149 - 154

36) NEUNER, G. (ed.)

Allgemeinbildung - Lehrplanwerk - Unterricht
Volk und Wissen, Berlin, 1973, 542 p.

37) NEUNER, G.

Technologie et enseignement général (l'enseignement polytechnique en RDA)
L'école et la Nation, n° 243, Nov. 74, p. 44-46

38) POSTIC, M.

Introduction à la pédagogie des enseignements techniques
avec coll. BUTIN, R, TILAGONE, G, préf. CAMPA, A.
Foucher, 1971, 80 p.

39) SCLAFER , J.

montage - démontage - 1. formation aux premiers emplois et processus d'accession aux emplois qualifiés dans la branche mécanique
INRP, DERET, 1979, 36 p.

40) SIMONDON, G.

Du mode d'existence des objets techniques
Aubier, 1969, 268 p.

41) TAWNEY, D.

Project Technology
Evaluation in Curriculum Development. Twelve Case Studies, Londres, Macmillan , 1973, p. 159-176

42) UBERSFELD, A.

L'école du spectateur, lire le théatre 2
Paris, Ed. sociales, 1981, 352 p.

COLLECTIFS

43) Cahiers pédagogiques
ouvrir l'école sur les réalités du travail
cahiers pédagogiques n° 135, 1975

44) CEREQ
Enseignement et organisation du travail du XIX ème siècle à nos jours
Doc. française, 1979, 128 p.

45) L'éducation
Ecole et travail
L'éducation n° 415-416, 1980

46) I.P.N.
Dix entretiens sur la technologie
IPN, RTS, Ministère de l'éducation nationale, 1966, 57 p.

47) Min. Ed.
Choisir un métier manuel qualifié - La mécanique
CAP - BEP, Formation et emplois
ONISEP, brochure Mars 1978

48) Et. Neuberger
Compresseurs à membranes et pompes à vide à membranes
à performances élevées
Documentation Neuberger

49) Schools Council Research studies
Evaluation in Curriculum Development : Twelve Case Studies
London, Mac Millan, 1973, VIII + 197 p.

2ème partie - Chapitre 2

Elément chimique

1) BACHELARD, G.

Le matérialisme rationnel
Paris, PUF, 3ème éd. 1972, 225 p.

2) BENSAUDE, B.

Les pièges de l'élémentaire
Thèse d'Etat, Un . Paris I. 1981

3) BENSAUDE-VINCENT, B.

Comment définir l'élément chimique, point de vue du XIXème siècle.
Cahiers de Fontenay, n° 16, sciences physiques, mélanges didactiques
p. 19-33

4) BERNARD, M, SAISON, A, AVAND, G, BRUNET, J, GUIBE, N, LE BAIL, H, THOMAS, G.

Chimie 2ème ACT
Nathan, 1978, 158 p.

5) BAUTRANT, R, BRAMAND, P, CHALVESCHE, J, FAYE, P, JAUBERT, A, THOMASSIER, G.

Sciences physiques, 2ème CT
Hachette, 1978, 288 p.

6) CABARET, G, BRUN, J, HAZETTE, JN.

Physique et chimie, 2ème CT
Baillière, 1978, 260 p.

7) CASSIRER, E.

Substance et fonction, éléments pour une théorie du concept
Ed. Minuit, trad. P.CAUSSAT, 1977, 429 p.

8) CHAMPETIER, G.

Les éléments de la chimie
Paris, A. Michel, 1943, 598 p.

9) CROS, A, MOREAU, C, PRAUD, B, PRAUD, L.

Initiation à la chimie moderne 2ème ACT
Belin, 1978, 160 p.

10) CROSLAND, MP.

Historical Studies in the Language of Chemistry
Londres Heinemann, 1962, XVII + 406 p.

11) DAGOGNET, F.

Tableaux et langages de la chimie
Paris, Ed. du Seuil, 1969, 221 p.

12) D'HAINAUT, L.

Réf. citée, 1ère partie

13) EPRON, JP, GROS, D, SIMON, JM.

Essai sur la formation d'un savoir technique , le cours de construction
Paris, CEMPA, sans date, 216 p.

14) GRANGER, GG.

Langages et épistémologie
Paris, Klincksieck, 1979, 226 p.

15) GRAY, HB, HAIGHT, GP.

Basic Principles of Chemistry
New York, Benjamin, 1967, XVIII + 595 p.

16) GRIMAUX, E.

Théories et notations chimiques, premières leçons professées à l'Ecole Polytechnique
Paris, Dunod, 1884, 244 p.

17) HALBWACHS, F.

La physique du maître entre la physique du physicien et la physique de l'élève.
Revue Française de Pédagogie, n° 33, 1975, p. 19-29

18) MARTINAND, JL.

Niveaux de formulation conceptuelle et champ empirique de référence : exemple du concept d'élément chimique .
Actes des 2èmes journées de Chamonix sur l'éducation scientifique : Processus de construction des concepts. 1980, p. 21-34.

19) MARTINAND, JL.

Les documents dans l'initiation aux sciences physiques
Bull. liaison du Lirespt, n° 4, p. 87-104

20) MARTINAND, JL, VIOVY, R.

La notion d'élément chimique en classe de 5ème : difficultés, ressources et propositions
Bull. Union des Physiciens, n° 613, 1979, p. 878-884

21) OSTWALD, W.

L'évolution d'une science, la chimie
Trad. Flammarion, 1909, 363 p.

22) PIAGET, J, GARCIA, R.

Les explications causales
Paris, PUF, 1971, 190 p.

23) RUMELHARD, G.

Représentation et concepts de la génétique
Actes des 2èmes journées de Chamonix, 1980, (approche des processus de construction des concepts en sciences) p. 79-84

Représentations et concepts de la génétique dans l'enseignement
Thèse 3ème cycle, Un. Paris VII, 1980, 112 p.

24) SADOUN-GOUPIL, M.

Evolution historique de la notion d'élément chimique
Cahiers de Fontenay, n° 16, sciences physiques, mélanges didactiques p. 9-18.

25) SCHAEFFER, G.

Concept Formation in Biology : the concept "Growth"
Eur. Journal of Science Education, Vol. 1, n° 1, 1979, p. 87-101

26) TROOST, L, PECHARD, E.

Traité élémentaire de chimie
Masson 1905
Masson 1948, 24 ème éd. (CHAMPETIER, G.) 1062 p.

27) URBAIN, G.

Les notions fondamentales d'élément chimique et d'atome
Gauthier Villars, 1925, 173 p.

28) URBAIN, G, JOB, P, ALLARD, G, CHAMPETIER, G.

Traité de chimie générale : notions et principes fondamentaux
Paris, Hermann, 1939, 280 p.

29) WALLISER, B.

Systèmes et modèles, introduction critique à l'analyse de systèmes
Paris, Ed. du Seuil, 1977, 255 p.

30) WÜRTZ, A.

La théorie atomique
Paris, F. Alcan, 3ème éd. 1879, 248 p.

COLLECTIFS

31) ENS Saint Cloud
Enquête sur quelques vocables d'orientation scientifique, Oct. 79

32) GREP

Dictionnaire de physique et chimie, 2ème
Hachette, 1978, 416 p.

33) Ministère de l'éducation
Sciences expérimentales dans les collèges
Réf. 1ère partie

34) Ministère de l'éducation
Fiches documentaires sciences expérimentales classe de 5ème
n° 5, CNDP 78

35) Initiation aux sciences physiques (1967)
Montréal, Ed. du Renouveau Pédagogique, 1969, XII + 227 p.
livre du maître, XIV + 336 p.

36) Sciences physiques, Libres Parcours, 5ème
réf. citée, 1ère partie

2ème partie - Chapitre 3

Dureté

1) BACHELARD, G.

La terre et les rêveries de la volonté
Paris, J. Corti, 1948, 409 p.

2) BELL, JF.

The experimental foundations of solid mechanics
Handbuch der Physik, Band VI, a/1, Berlin, Springer Verlag
1973, VIII + 813 p.

3) BOIREL, R.

Théorie générale de l'invention
Paris, PUF, 1961, 407 p.

4) BOVET, M, HALBWACHS, F.

Le poids et la masse en classe de 6ème
Revue Française de Pédagogie, n° 53, 1980, p. 4-18

5) CHRISTOFIDES-HENRIQUES, A, COLL, C.

Comment dialoguer avec les objets ou l'enseignement des sciences expérimentales à l'école primaire : perspectives piagétiennes
Cahiers de la section sciences de l'éducation, Un. de Genève, n° 2, 1976

6) COLLONGUES, R.

Les matériaux
In La matière d'aujourd'hui, NOEL, E, éd.
Seuil, 1981, p. 196 - 209

7) COOPER, ML.

Early contributions to the problems of elasticity
Physics Education, Vol. 13, 1978, p. 384-387

8) COTTRELL, AH.

The mechanical properties of matter
New York, J. Wiley et Sons , 1964, X + 430 p.

9) DESCARTES, R.

principes de philosophie, traduction en français
Paris Vrin, 1978, 362 p. + XX planches

10) D'HAINAUT L.

réf. citée en 1ère partie

11) DINZIN, J.

1949, ouvrage cité dans II,1

12) GALILEE

Discours concernant deux sciences nouvelles
trad. M. Clavelin
Paris, A. Colin, 1970, 274 p.

13) GOERENS P, MAILÄNDER, R.

Die technischen Verfahren zur Untersuchung der Metalle und Legierungen
Handbuch der experimental Physik V
Leipzig, Akademische Verlagsgesellschaft, 1930, p. 139-633

14) HABER-SCHAIM, U.

Criteria for the selection of topics in physics for the middle school
Physics Teaching in schools
London, Taylor et Francis , 1978, p. 145-151

15) HARDING, DW, GRIFFITHS, L.

Materials
Londres, Longman Physics Topics, 1968, 64 p.

16) HEGEL, GF.

Encyclopédie des sciences philosophiques en abrégé
trad. M. DE GANDILLAC
Paris, Gallimard, 1970, 550 p.

17) HOLTON, G.

L'imagination scientifique
traduction française
Gallimard, 1981, 489 p.

18) KANT, E.

premiers principes métaphysiques de la science de la nature
trad. Gibelin
Paris, Vrin, 1971, 166 p.

19) HUGUENY, MF.

recherches expérimentales sur la dureté des corps et spécialement sur celle des métaux
Paris, Gauthier Villars, 1865, 109 p. + 6 planches

20) LEROI-GOURHAN, A.

L'homme et la matière (1943)
Albin Michel, 1971, 348 p.

21) LEVY-LEBLOND, JM.

Physique et mathématique
Encyclopae.dia Universalis, Vol. 13 p. 4-8

22) MARTINAND, JL.

une propriété intéressante, la dureté
Physics teaching in Schools
Londres, Taylor et Francis, 1978, p. 283-289

23) NOT, L.
Les pédagogies de la connaissance
Toulouse, Privat, 1979, 360 p.

24) PACOTTE, J.

La pensée technique,
Félix Alcan, 1931, II + 155 p. Paris

25) PERRET-CLERMONT, AN.

recherche en psychologie sociale et activité éducative
Revue française de pédagogie, n° 53, 1980, p. 30-38

26) POCZTAR, J.

réf. citée en 1ère partie.

27) RICHARDS, CW.

La science des matériaux de l'ingénieur, 1961
Dunod, 1965, XII + 543 p.

28) SOUSTRE, L, POMEY, G.

Essais mécaniques des métaux
Techniques de l'ingénieur, Métallurgie I, M 124, Paris

29) SPRECKELSEN, K, BEENS, B, PEISKER, W.

Stoffe und ihre Eigenschaften
Francfort, Moritz Diesterweg, 1971, 72 p.

30) TABOR, D.

The Hardness of Metals
Oxford, Clarendon Press, 1951, IX + 176 p.

31) ULLRICH, D.

Werkstoffphysik, curriculare und didaktische Grundlagen für einen Fortgeschrittenenkurs zur Festkörperphysik in der Lehrerausbildung.
Physica Didact. Vol. 5, n° 3, 1978, p. 147-172

32) VIAL, J.

Pédagogie du projet
Paris, INRP, 1976, 79 p.

COLLECTIFS

33) Matériau, technologie, forme - catalogue d'exposition du Centre Beaubourg, Centre de Création Industrielle 1974, 148 p.

34) Centre international de synthèse
Qu'est-ce que la matière ? Histoire du concept et conception actuelle
Paris, PUF, 1945, 200 p.

35) Project Technology
Simple Materials Testing Equipment
Project Technology Handbook
Londres, Heinemann, 1972, 32 p.

36) Sciences 5-13
With Objectives in Mind. 1972, 65 p.
Metals 1 et 2, 1977, 76 p. RADFORD,D.
Metals,Background Inf. 1977, 76 p. RADFORD, D.
Children and plastics, 1974, 108 p. HORN, M.
Working with wood, 1972, 82 p. PARKER, S.
Working with wood, Background Information, 1972, 50 p.
Structures and forces (stade 1 et 2, 1972, 100 p.) JAMES, A.
)stade 3, 1979, 90 p. (
Londres, Mac Donald International

37) Artisanat et loisirs : outils et matériaux
Amsterdam, Time Life International 1975, 32 p.

3ème partie

Evaluation

1) BALDWIN, Th.S.

Evaluation of learning in Industrial Education
in B.S. BLOOM et Al. Handbook on Formative and Summative Evaluation of Student Learning
New York, Mac Graw Hill, 1971, p. 855-905

2) BENEDETTO, P, ALESSANDRI, A, ROZON, D.

Observation des élèves dans les activités d'éducation manuelle et technique en vue de l'évaluation et de l'orientation.
rapport final de recherche. Un. Aix Marseille I Lab. de psycho. diff.
89 p. sans date.

3) BLOOM, BJ, HASTINGS, JT, MADOWS, GF.

1971, réf. citée en 1ère partie

4) BOURDIEU, P, DE SAINT-MARTIN, M.

les catégories de l'entendement professoral
Actes de la recherche en Sciences Sociales, Mai 1975, n° 3
p. 68-93

5) CAMBON, J. LURCAT, L.

Comment prépare-ton l'acquisition de la lecture et de l'écriture à l'école maternelle ?
Rev. Franç. Péd. n° 54, (1er trim.) 1981, p. 7-23

6) CHABAL, J, DE PREESTER, R.et al.
1971, livre cité en 2ème partie chap. 1

7) DE CORTE, CT et al.
1979, réf. 1ère partie

8) D'HAINAUT

1980, réf. citée en 1ère partie

9) DE KETELE, JM.

Observer pour éduquer
Berne, Peter Lang, 1980, 214 p.
Préf. M. POSTIC

10) DE LANDSHEERE, G.

Introduction à la recherche en éducation
A. Colin, 3ème éd. 1974, 312 p.

11) FROMENT, JP, BENEDETTO, P.

Contribution à la mise en place d'une pédagogie par objectifs dans les CET
IO. n°7 pédagogie par objectifs et objectifs en pédagogie, IREM d'Orléans, 1977, p. 32-45.

12) HOFSTEIN, A, MANDLER, V, BEN-ZVI, R, SAMUEL, D.

Teaching Objectives in Chemistry : a Comparison of Teachers and Students Priorities
Eur. J. Sci. Educ. 1980 vol. 2, n° 1, p. 61-66

13) HÖRNER, W.

Réf. citée en 1ère partie

14) INRP
Biologie (initiation expérimentale) en 6ème et 5ème dans les CES expérimentaux
Réf. citée en 1ère partie

15) LAFFONT, JP.

La socialisation comme visée éducative dans la théorie de Durkheim ou la difficile élucidation des visées
Not, L. et al. 1979, réf. citée en 1ère partie, p. 39-48

16) LAFFONT, JP, NOT, L.

la notion d'objectif affectif a-t-elle un sens ?
Not, L. et al. 1979, réf. citée en 1ère partie, p. 21-27

17) HARLEN, W.

Evaluation of the Stage of Large Scale Implementation, in A.Lewy Handbook of Curriculum Evaluation
Paris, UNESCO, Longman, 1977, p. 117-149

18) LEMERCIER, D.

Processus de réalisation, représentation et conduite de la machine-outil
Thèse 3ème cycle non publiée, Un. Paris V, 1980, 194 p.

19) LEON, A.

Formation générale et apprentissage du métier
PUF,1965, 395 p.

20) LEON, A.

Introduction à l'histoire des faits éducatifs
Paris, PUF, (1981), 245 p.

21) LEWY, A. ed.

Handbook of Curriculum Evaluation
UNESCO; Longman, Paris New-York, 1977, VII + 306 p.

22) LUTTERODT, SA.

The Adaptation of Science Curriculum - an Exploratory Analysis of Some Relevant Décisions.
Eur. J. Sci. Education, 1980, vol. 2, n° 2, p. 121-138

23) POCZTAR, J.

1979, réf. citée en 1ère partie

24) POPHAM, WJ.

Educational Evaluation
Prentice Hall, VII + 328 p.

25) SCHWARTZ, B.

préface.
D.HAMELINE, les objectifs pédagogiques en formation initiale et en formatio continue, Paris, ESF 1979, p. 15-19

26) ULLRICH, H, KLANTE, D.

Initiation technologique de la maternelle à l'école élémentaire
OCDL, 1975, (tr. ed. all. 1973), 181 p.
préf. P.CHILOTTI

27) YOLOYE, A.

Observational Techniques
in A.LEWY, Hand book of Curriculum Evaluation
Paris, UNESCO,Longman, 1977, p. 189-209

Mots-clés didactique (sciences physiques - technologie)
objectifs (caractérisation - évaluation)

Résumé.

Les tentatives de rénovation ou d'introduction de l'initiation aux sciences et techniques dans les collèges et les écoles primaires ne se limitent pas à rédiger des programmes. Il faut imaginer et élaborer de manière très détaillée les contenus et les méthodes d'enseignement, les activités dans la classe, les capacités que les élèves devront atteindre.

A partir de notre expérience dans le domaine des activités d'éveil scientifiques et de l'initiation aux sciences physiques, notre étude porte sur trois cas d'innovation : une initiation aux techniques de fabrication mécaniques en 4ème, la notion d'élément chimique en 5ème, la dureté des matériaux en 6ème.

Le but est de dégager quelques propositions générales pour améliorer la manière dont on peut caractériser les objectifs de l'enseignement afin de les rendre utilisables par les professeurs. Une évaluation de ces propositions est effectuée dans le cadre de l'essai d'initiation aux techniques de fabrication.